

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

200806346

**PRODUÇÃO DE INTERESTERIFICADOS DE ÓLEOS DE
PALMA E PALMISTE PARA APLICAÇÃO INDUSTRIAL**

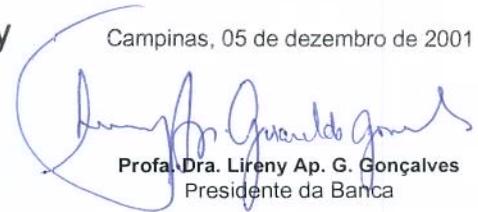
PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por **Ângela Midori Tiyo de Godoy**, aprovada pela Comissão Julgadora em 05 de dezembro de 2001.

Ângela Midori Tiyo de Godoy

Campinas, 05 de dezembro de 2001

Engenheira de Alimentos



Profa. Dra. Lireny Ap. G. Gonçalves
Presidente da Banca

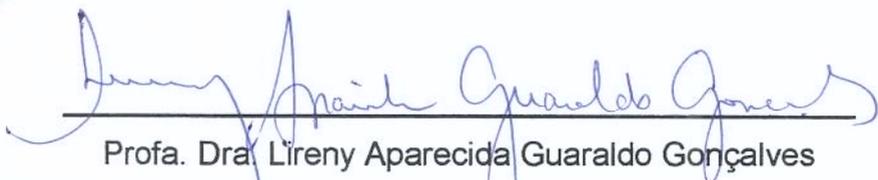
Orientadora: Profa. Dra. Lireny A. G. Gonçalves

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos –
UNICAMP para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de
Alimentos

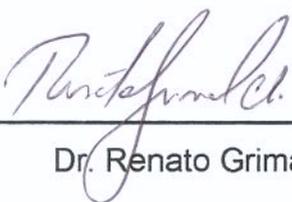
Campinas - SP

2001

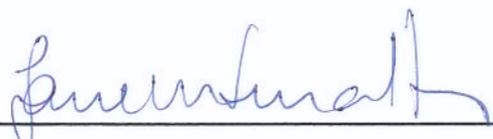
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dra. Lireny Aparecida Guaraldo Gonçalves
Orientadora



Dr. Renato Grimaldi



Dra. Jane Menegaldo Turatti

Prof. Dra. Helena Maria André Bolini Cardello

Deus, obrigada pela força e incentivo.

São Francisco de Assis, obrigada pelo constante apoio.

Júnior, obrigada pela paciência, incentivo, conselhos e alegrias.

Nathália obrigada pela sua companhia e paciência.

Aos meus pais, meus sogros pela imensa ajuda e apoio, o meu agradecimento,
minha admiração e meu amor.

Agradecimentos

À Profa. Lireny Aparecida Guaraldo Gonçalves, pela orientação, amizade, paciência, incentivo, exemplo de humildade e persistência.

À Victória pelo incentivo, por auxiliar-me na execução dos experimentos e pela amizade.

Aos amigos Thais, Waldomiro, Carolyne, Eliete, Sylaine, Nara, Cristiane, Fábio, Marinalda, Juliana que me auxiliaram nos programas de informática, na planta piloto, incentivaram para cumprir meus compromissos, e enfim doaram um pouco de si para o meu aperfeiçoamento.

Aos professores Nilo Sérgio Sabbião Rodrigues e Maria Aparecida Azevedo Pereira da Silva pela concessão dos equipamentos necessários à elaboração dos bolos e pelo apoio técnico.

Aos professores Salvador Massaguer Roig e Walkíria Hanada Viotto pela concessão da sorveteira e pelo apoio técnico.

Aos técnicos dos laboratórios de Óleos e Gorduras, de Cereais Raízes e Tubérculos, de Leites e Derivados, de Instrumentação e de Análise Sensorial pela ajuda e apoio técnico.

À **Cargill Alimentos** representado pela engenheira Déborah Gonçalves de Oliveira e sua equipe pela concessão das instalações, equipamentos e gorduras utilizados neste trabalho.

À **Cia. Refinadora da Amazônia** representado pelo gerente geral Osmar Rocca pela concessão de amostras de óleos de palma e palmiste refinados.

À **Danisco Cultor Brasil** representado pela engenheira Adriana G. Apuzzo pela concessão de amostras de emulsificantes.

À empresa **BASF** pela concessão de amostras de catalisador.

Ao **CNPq** e **Fapesp** pelo apoio financeiro sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE ANEXOS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	x
RESUMO.....	xi
SUMMARY	xii
1-INTRODUÇÃO	1
2.JUSTIFICATIVA.....	2
3.OBJETIVOS.....	2
3.1-Objetivo Geral	2
3.2-Objetivos Específicos	2
4.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
4.1-Hidrogenação.....	3
4.2-Interesterificação.....	4
4.2.1-Condições de Processo	7
4.2.2-Catalisadores.....	8
4.2.3- Controle da Reação.....	9
4.3-Óleos de Palma e Palmiste	9
4.4-Aplicações das Gorduras Fluídas e Plásticas	11
4.4.1-Importância da Gordura na Produção de Bolos	12
4.4.2-Importância da Gordura na Produção de Sorvetes.....	14
4.5-Análise Instrumental.....	14
4.5.1-Textura em Bolos.....	14
4.6-Análise Sensorial.....	17
4.6.1-Teste de Diferença do Controle	17
4.6.2-Teste de Aceitação	18
5-MATERIAL E MÉTODOS	19
5.1-Matérias-Primas	19
5.2-Equipamentos, Instrumentos e Instalações.....	19
5.3-Métodos Analíticos.....	20
5.4- Procedimento Experimental	22
5.4.1- Caracterização da Matéria-Prima.....	22
5.4.2- Estudo de Reprodutibilidade dos Testes Laboratoriais em Planta- Piloto: Interesterificação do Óleo de Palma em Planta Piloto	22
5.4.3- Adequação das Condições de Interesterificação em Planta Piloto ...	22

5.4.4- Obtenção de Produtos Interesterificados de PO/PKO e Misturas com Óleos ou Gorduras para Obtenção de Perfis Diferenciados de Fusão	23
5.4.5-Clarificação, Desodorização e Caracterização das Frações.....	24
5.4.6-Aplicação das Bases Gordurosas em Cozinha Industrial.....	25
5.4.6.1-Elaboração do Bolo	25
5.4.6.2-Elaboração do Sorvete	27
5.4.7-Avaliação de Qualidade dos Produtos elaborados com as Fases Gordurosas	29
5.4.7.1-Avaliação da Qualidade de Bolos.....	29
5.4.7.2-Avaliação da Qualidade de Sorvetes.....	30
5.4.8-Análise Sensorial dos Produtos Processados (Bolos e Sorvetes)	31
5.4.8.1-Teste de Diferença do Controle.....	31
5.4.8.2-Teste de Aceitação.....	31
6-RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6.1.-Caracterização da Matéria-Prima.....	34
6.2-Interesterificação de Óleo de Palma em Planta Piloto	37
6.3-Adequação das Condições de Interesterificação em Planta Piloto	37
6.4-Preparação de Produtos Interesterificados de PO/PKO e Misturas com Óleo ou Gorduras para Obtenção de Perfis Diferenciados de Fusão	39
6.4.1 - Efeito da adição de HSBO	39
6.4.2 - Efeito da adição de óleo líquido	43
6.5-Avaliação da Qualidade	46
6.5.1-Testes Físicos.....	46
6.5.2-Análise Sensorial	49
7-CONCLUSÃO	52
8-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS-.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interesterificação de dois tipos de triacilglicerídeos simples.....	5
Figura 2 - Equipamento utilizado na reação de interesterificação.....	21
Figura 3 - Fluxograma do processo de preparação das bases gordurosas.....	23
Figura 4 - Ficha utilizada para análise sensorial de óleos.....	26
Figura 5 - Fluxograma do processamento de sorvetes.....	28
Figura 6 – Ficha utilizada para o teste de diferença do controle de bolos.....	32
Figura 7 – Ficha utilizada para o teste de aceitação de bolos.....	33
Figura 8 – Conteúdo de gordura sólida de óleo de palma antes e após interesterificação com diferentes concentrações de catalisador e tempos de reação.....	38
Figura 9 – Conteúdo de gordura sólida de PO antes e após interesterificação com diferentes concentrações de catalisador	38
Figura 10 – Conteúdo de gordura sólida de misturas de PO/PKO 60:40 e 80:20 antes e após interesterificação.....	39
Figura 11 – Conteúdo de gordura sólida de misturas de PO/PKO interesterificado adicionado de HSBO (H).....	40
Figura 12 – Conteúdo de gordura sólida da mistura PO/PKO 80:20 + 5% de HSBO e das gorduras comerciais para recheios de biscoitos	40
Figura 13 – Conteúdo de gordura sólida de misturas de óleo interesterificado de PO/PKO 60:40 e 80:20 com 1 a 4% de HSBO.....	41
Figura 14 – Conteúdo de gordura sólida da fração interesterificada de PO/PKO 60:40 e das gorduras hidrogenadas comerciais para sorvetes.....	42
Figura 15 – Conteúdo de gordura sólida da mistura interesterificada de PO/PKO 60:40 adicionada de 3% e das gorduras comerciais para bolos.....	42
Figura 16 - Conteúdo de gordura sólida de misturas de PO/PKO 80:20 interesterificado adicionado de 10% de HSBO (H) e 1-5% de óleo de soja (O)..	44
Figura 17 – Bases comerciais utilizadas para preparação de margarina e mistura de PO/PKO adicionado de óleo de girassol (G).....	44
Figura 18 – Bolo Inglês elaborado com a gordura hidrogenada (Padrão) e com a gordura interesterificada adicionada de HSBO (Experimental).....	47
Figura 19 – Fatias das triplicatas de fornada de bolo padrão e experimental....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de catalisadores.....	9
Tabela 2 – Ponto de fusão de óleos natural e interesterificado (°C).....	11
Tabela 3 – Conteúdo de gordura sólida para diferentes tipos de gorduras produzidas no Brasil.....	13
Tabela 4 – Definições das características de textura.....	16
Tabela 5. Formulação de bolo inglês.....	27
Tabela 6. Formulação de sorvete de chocolate.....	28
Tabela 8 – Caracterização, composição em ácidos graxos e conteúdo de gordura sólida de PO e PKO.....	34
Tabela 9 – Composição de triacilgliceróis de PO determinado por CLAE.....	35
Tabela 10 – Composição de triacilgliceróis de PO previstos pelo programa “Triglic”.....	35
Tabela 11 – Composição de triacilgliceróis de PKO previstos pelo programa “Triglic”.....	36
Tabela 12 – Caracterização e composição em ácidos graxos das gorduras interesterificadas e hidrogenadas.....	45
Tabela 13 – Média do Volume específico e cor das amostras de bolo padrão e experimental.....	46
Tabela 14 - Média e desvio padrão dos parâmetros de textura dos bolos formulados com GP2 e com GE2.....	49
Tabela 15 - Análise de variância (ANOVA) do teste de diferença aplicado em bolos.....	50
Tabela 16 - ANOVA do teste de diferença aplicado em sorvetes.....	50
Tabela 17 - Porcentagem de consumidores distribuídos em escalas de aceitação para bolo padrão (BP) e bolo experimental (BE).....	51
Tabela 18 - Porcentagem de consumidores distribuídos em escalas de aceitação para sorvete padrão (SP) e sorvete experimental (SE).....	51

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Composição de triacilgliceróis majoritários de PO.....	58
Anexo 2 – Composição de triacilgliceróis majoritários de PKO.....	58
Anexo 3 – Conteúdo de gordura sólida (%) do óleo de palma antes e depois da interesterificação com diferentes concentrações de catalisador.....	58
Anexo 4 – Conteúdo de gordura sólida (%) de PO/PKO interesterificado adicionado das respectivas quantidades (1 a 20%) de HSBO.....	59
Anexo 5 – Conteúdo de gordura sólida de misturas de PO/PKO interesterificado adicionado de 5 - 20% de HSBO e de 1 - 5% de óleo de soja.....	59
Anexo 6– Número de provadores que atribuíram notas de 9 a 4 para as gorduras interesterificadas 60:40 e 60:40+3%HSBO.....	60
Anexo 7 – ANOVA do volume específico de bolos.....	60
Anexo 8 – ANOVA de Cor para o parâmetro L(bolos).....	60
Anexo 9 – ANOVA do Perfil de Textura (bolos).....	60
Anexo 9B. ANOVA do Perfil de Textura – Dureza(bolos).....	60
Anexo 9B. ANOVA do Perfil de Textura – Adesividade (bolos).....	60
Anexo 9C. ANOVA do Perfil de Textura – Coesividade (bolos).....	60
Anexo 9D. ANOVA do Perfil de Textura – Elasticidade (bolos).....	61
Anexo 10 – Teste de Aceitação de Bolos.....	61
Anexo 10A. ANOVA do Teste de Consumidor – Aparência.....	61
Anexo 10B. ANOVA do Teste de Consumidor – Forma Geral.....	61
Anexo 10C. ANOVA do Teste de Consumidor – Sabor.....	61
Anexo 10D. ANOVA do Teste de Consumidor – Textura.....	61
Anexo 11 – Teste de Aceitação para Sorvete.....	62
Anexo 11A. ANOVA do Teste de Consumidor – Aparência.....	62
Anexo 11B. ANOVA do Teste de Consumidor – Forma Geral.....	62
Anexo 11C. ANOVA do Teste de Consumidor – Sabor.....	62
Anexo 11D. ANOVA do Teste de Consumidor – Textura.....	62
Anexo 12 – Freqüência das notas dos provadores atribuídas as amostras de bolo padrão e experimental nos atributos de Aparência e Forma geral.....	63
Anexo 13 – Freqüência das notas dos provadores atribuídas as amostras de bolo padrão e experimental nos atributos de Sabor e Textura.....	63
Anexo 14 – Freqüência das notas dos provadores atribuídas as amostras de sorvete padrão e experimental nos atributos de Aparência e Forma geral.....	63
Anexo 15 – Freqüência das notas dos provadores atribuídas as amostras de sorvete padrão e experimental nos atributos de Sabor e Textura.....	64
Anexo 16 – Composição em ácidos graxos da gordura hidrogenada para bolos.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS:

- PO – Óleo de palma
- PKO – Óleo de palmiste
- HSBO – Óleo de soja totalmente hidrogenado
- SFC – Conteúdo de gordura sólida
- RMN – Ressonância magnética nuclear
- TFA – Ácidos graxos *trans*
- MeONa ou CH₃ONa – Metilato ou metóxido de sódio
- AOCS – American Oil Chemist's Society
- CLAE – Cromatografia líquida de alta eficiência
- TPA – Análise de perfil de textura
- ANOVA – Análise de variância
- FFA – Ácidos graxos livres
- POV – Índice de peróxidos
- HT-CGC – Cromatografia gasosa por coluna capilar a altas temperaturas
- BP – Bolo padrão
- BE – Bolo experimental
- SP – Sorvete padrão
- SE – Sorvete experimental

RESUMO

A produção de gorduras especiais para fins de aplicação industrial foi realizada através da interesterificação química de misturas de óleo de palma (PO-Palm Oil) e óleo de palmiste (PKO-Palm Kernel Oil), utilizando-se 0,4% de metóxido de sódio a 100°C/20min sob vácuo e agitação, nas proporções 80/20 e 60/40 de PO/PKO. Essas misturas foram as que proporcionaram melhor característica de intersolubilidade, performance de textura com menores interações eutéticas. A reação foi controlada pela porcentagem de gordura sólida indicada pela curva de sólidos (Solid Fat Content - SFC) em ampla faixa de temperatura, medido por ressonância magnética nuclear - RMN. Os produtos interesterificados foram misturados com óleo de soja totalmente hidrogenado (HSBO-Hydrogenated Soybean Oil) para produzir bases para aplicações variadas, dentre essas as composições PO/PKO 60:40 interesterificado e a mistura deste com 3% de HSBO. Estes foram testados em cozinha experimental na elaboração de sorvete de chocolate e bolo inglês.

O sorvete e o bolo foram avaliados através de testes físicos e sensoriais. As duas amostras de sorvete e bolo elaboradas com gordura experimental diferiram significativamente ($p < 0,05$) das amostras controle. Porém tal diferença não influenciou na sua aceitação.

Portanto a gordura experimental apresentou bom desempenho em relação à gordura controle na qualidade dos produtos no qual foi aplicada, com a vantagem destes produtos elaborados com gordura interesterificada não apresentarem ácidos graxos trans.

SUMMARY

Manufacture of special fats for industrial application were obtained by chemical interesterification of mixtures of palm oil (PO) and palm kernel oil (PKO) under optimized conditions (0.4% MeONa, 100°C, 20 minutes). The selected ratios of PO:PKO were 80:20 and 60:40 since these blends presented the best characteristics of intersolubility and texture performance with the minor eutectic interaction. The reaction had been controlled by Nuclear Magnetic Resonance – NMR. The interesterified products were mixed with fully hydrogenated soybean hard fat to produce base stock formulation for several applications. After clarification and deodorization the mixtures 60:40 interesterified and 60:40 interesterified added with 3% of the soybean hard fat were submitted to experimental tests to manufacture ice cream and cakes, respectively. Both products were analyzed by physical-chemistry and sensorial parameters. However the triangular test detected a significant difference ($p < 0.05$), the panel evaluation applied for acceptance test, showed that there wasn't a significant difference ($p < 0.05$) between the samples compared with an industrial shortening for the same purposes. The results signaled successful use of these interesterified oils as ingredients for bakery and icings products with no presence of *trans* fatty acids in their formulation.

1 – INTRODUÇÃO

A maioria dos óleos vegetais naturais em sua forma original tem somente aplicações específicas devido à sua composição química. Para ampliação do seu uso os óleos vegetais são modificados quimicamente pelos processos de hidrogenação e interesterificação, ou fisicamente por fracionamento. Podem ser utilizados puros ou em combinação entre si, com óleos ou gorduras simples ou em misturas (Coenen, 1976; Sonntag, 1982; Haumann, 1994; Young *et al.*, 1994).

Valores estimados retratam que um terço do total de óleos e gorduras comestíveis são hidrogenados, enquanto 10% são fracionados ou interesterificados. Companhias européias usam interesterificação para uma grande variedade de produtos incluindo margarinas, ao contrário das indústrias dos Estados Unidos que usam predominantemente hidrogenação. Porém é crescente seu interesse devido à possibilidade de diminuição dos isômeros *trans* em produtos alimentícios (Haumann, 1994).

Normalmente a hidrogenação é realizada parcialmente conforme perfil do produto final desejado, no entanto, durante este processo parte das duplas ligações *cis* são isomerizadas em sua forma *trans*. No passado, a formação desses isômeros foi considerada uma reação colateral vantajosa porque os ácidos graxos *trans* (TFA – Trans Fatty Acids) têm maior ponto de fusão e maior estabilidade do que os ácidos graxos *cis* (Thomas, 1994). No entanto, diversos autores (Enig, 1996; Gurr, 1990; Lichtenstein, 1993) têm sugerido em seus estudos uma relação direta entre os TFA e o aumento do risco de doenças cardíacas havendo atualmente a tendência de se substituir óleos parcialmente hidrogenados por outras fontes gordurosas com baixos teores de *trans*.

Considerada como uma alternativa do processo de hidrogenação parcial, a interesterificação pode ser utilizada para conferir aos óleos e as gorduras a funcionalidade desejada. A interesterificação de misturas de óleos vegetais completamente hidrogenados com um óleo líquido tem sido proposta para produzir uma gordura *zero-trans* com propriedades físicas desejadas (Petrauskaite *et al.*, 1998).

Normalmente recorre-se à interesterificação randômica com substituição aleatória de ácidos graxos, que altera o ponto de fusão e as características de cristalização da gordura inicial. Esta encontra aplicações na produção de gorduras técnicas ("shortenings"), margarinas e gorduras de confeitaria (Sreenivasan, 1978).

Na Europa e Canadá existe, há algum tempo, margarinas livres de isômeros *trans* produzidas pela interesterificação de óleo de palma com óleo de palmiste e misturadas com óleo líquido, compreendendo 10 a 15% do mercado de margarinas deste país (Haumann, 1998).

2. JUSTIFICATIVA

A ampla variedade de produtos alimentícios oferecidos atualmente implica na busca de gorduras específicas para cada aplicação, sendo a interesterificação uma das formas de obtê-las com a vantagem de apresentar teores de TFA reduzidos em relação ao processo convencional de hidrogenação .

3. OBJETIVOS

3.1- OBJETIVO GERAL

Produzir em escala piloto, formulações oleosas interesterificadas com PO e PKO e testar sua performance em cozinha industrial para produtos específicos.

3.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reproduzir em planta piloto os resultados obtidos em escala laboratorial, utilizando-se as mesmas condições ou variando-as, se necessário.
- Interesterificar composições de óleo de PO/PKO e, a partir destes, formular outras bases pela adição de HSBO e óleo de soja líquido.
- Realizar testes de aplicação das bases interesterificadas em produtos de confeitaria e analisar as contribuições conferidas ao produto.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 HIDROGENAÇÃO

A hidrogenação de óleos vegetais foi desenvolvida por Normann em 1903 (citado por Patterson, 1983), utilizada em pequena escala no tratamento de óleo de baleia na Inglaterra. Maior aplicação ocorreu nos Estados Unidos onde a grande demanda de gorduras plásticas e a vasta produção de óleo de algodão foi solucionado graças à nova tecnologia.

Óleo submetido ao processo de hidrogenação se converte em gordura semi-sólida ou plástica, resultando em melhores propriedades funcionais, com aumento de estabilidade oxidativa (Allen, 1978).

Esses benefícios são alcançados pela redução das insaturações relativas dos óleos, assim como, devido à promoção de isomeria geométrica (*cis*, *trans*) e posicional. A reação baseia-se na saturação das ligações duplas insaturadas, pela adição de hidrogênio na presença de catalisadores sólidos. A reação procede quando óleo líquido, hidrogênio gasoso e catalisador sólido são colocados juntos sob condições de pressão e temperatura controlada. A taxa de hidrogenação depende do tipo de óleo inicial, da atividade, seletividade e concentração de catalisador, da temperatura e da disponibilidade do gás hidrogênio (Erickson, 1995).

As implicações nutricionais dos TFA são extensivamente estudadas e existem muitas controvérsias a seu respeito. Na década de 80, investigações em animais experimentais revelaram nenhum efeito adverso advindo da ingestão desses ácidos graxos na reprodução ou na ocorrência de doenças. No entanto, na década de 90 renovou-se tal conceito relacionando os TFA ao aumento de risco de doenças coronarianas (Ip & Marshall, 1996).

Mensink (1995) relata que os TFA apresentam forte efeito no aumento de colesterol LDL (lipoproteína de baixa densidade) e parece diminuir os níveis de colesterol HDL (lipoproteína de alta densidade) quando comparado com ácidos graxos *cis*.

Recentemente, na Europa, visíveis progressos na redução de conteúdo de TFA pode ser observado em margarinas. Esta tendência é atribuída ao aumento de interesse da saúde pública relacionando os TFA com doenças coronárias e aterosclerose. Óleos parcialmente hidrogenados têm sido parcialmente substituídos por óleo de palma, palmiste ou coco para obtenção de consistência desejável (Fritsche & Steinhart, 1998).

4.2. INTERESTERIFICAÇÃO

Consiste em um processo de modificação de óleos e gorduras, na qual os ácidos graxos permanecem inalterados e são redistribuídos na molécula de glicerol, resultando em modificações nas propriedades físico-químicas tais como ponto de fusão e comportamento de recristalização, sem alteração na estabilidade (Rozenall, 1992).

Este processo tornou-se viável na indústria de alimentos desde 1940, para modificar as propriedades físicas de banha. Em 1970, renovou-se o interesse neste processo, particularmente como substituto para produção de margarinas “zero *trans*” (Rousseau, 1997).

Em óleos e gorduras naturais os ácidos graxos são distribuídos de forma ordenada. Para óleos vegetais é comum o modelo de distribuição dos ácidos graxos: 1,3 randômico e 2 randômico. É comum os ácidos graxos saturados em sua maioria não se posicionarem na parte central da cadeia (Rosenaal, 1992; Laning, 1985). Interesterificação altera essa distribuição ordenada para uma distribuição randômica, influenciada pela temperatura acima do ponto de fusão do óleo (Erickson, 1995).

Ao interesterificar dois tipos de triacilgliceróis, AAA e BBB, a redistribuição de ácidos graxos resultará em uma mistura de equilíbrio de seis possíveis triacilgliceróis. Conforme a Figura 1, em quantidades equimolares de A e B, a mistura final da reação consistirá de 12,5% de cada triacilglicerol inicial, AAA e BBB, e 37,5% de cada triacilglicerol intermediário, dos quais 66% será assimétrico e 33% será simétrico.

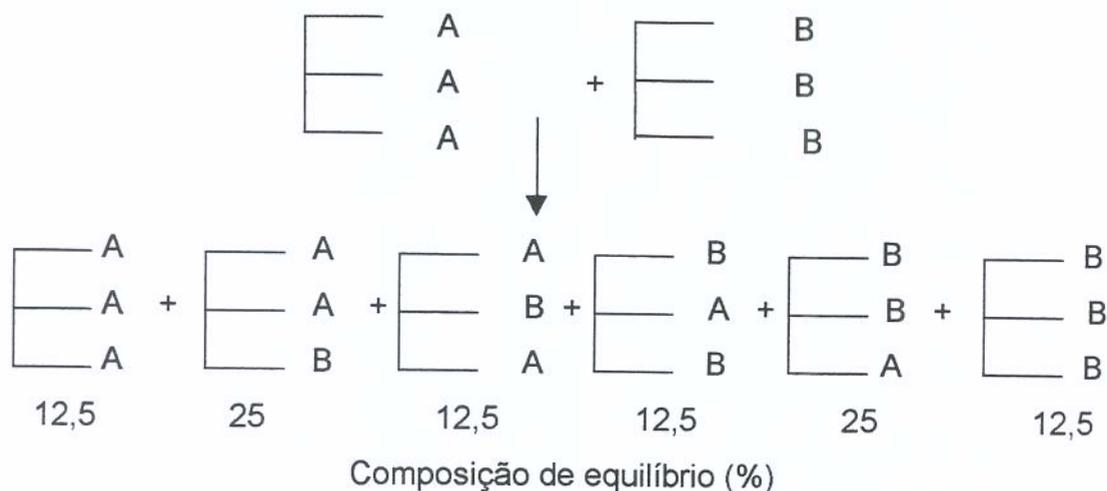


Figura 1. Interesterificação de dois tipos de triacilglicerídeos simples

Fonte: Rosenaal (1992)

Há duas exceções para modelo randômico: a interesterificação direta ou dirigida conduzida a baixas temperaturas levando à cristalização de partes de triacilgliceróis, prosseguindo a reação somente na fase líquida. A Procter & Gamble Co., Cincinnati, Ohio, desenvolveu várias patentes relacionadas com este processo denominado “Processo Eckey” de 1948 citado por Erickson (1995). A outra maneira de efetivar a interesterificação é utilizando enzimas. Neste caso, lipases com especificidade 1,3 podem acompanhar a troca de ácidos graxos na posições externas da molécula de triacilglicerol. A fabricação de substitutos de manteiga de cacau é um exemplo de aplicação (Rosenaal, 1992).

As vantagens da interesterificação química sobre as transformações enzimáticas incluem o menor custo do catalisador e também a existência e a disponibilidade de processo que operacionalmente utiliza o mesmo equipamento hoje utilizado pela hidrogenação. Comparando-se as mudanças na composição de triacilgliceróis de manteiga interesterificada usando catalisador metóxido de sódio ou lipase não se observou alteração significativa entre os processos (Marangoni & Rousseau, 1985).

A partir da combinação da interesterificação com as técnicas de hidrogenação e/ou fracionamento, a composição triglicéridica e os ácidos graxos podem ser manipulados para alcançar as propriedades físicas e funcionais mais desejáveis.

Comercialmente, o processo de interesterificação química é regularmente usado no processamento dos óleos de palma, palmiste e coco para produzir uma variedade de margarinas, óleos para cozinha e fritura e gorduras de confeitaria (Lanning, 1985).

Petrauskaite *et al* (1998) realizaram ensaios de interesterificação química de misturas (10:90 a 75:25) de gorduras altamente saturadas (estearina de palma e óleo de soja completamente hidrogenado) e óleo de soja. Os autores conduziam as reações em escala de laboratório com 0,2% de metóxido de sódio a 90°C/90 min.

Lida & Ali (1998) estudaram o efeito da mistura e interesterificação nas características físico-químicas de misturas de gorduras à base de óleo de palma para obtenção de gorduras semelhantes com as margarinas de reduzido valor calórico. As gorduras tradicionais apresentavam conteúdo de 20,4% de ácidos graxos *trans* enquanto as misturas à base de óleo de palma estavam isentas de *trans*.

A preparação de margarinas e shortening através da interesterificação de óleos vegetais líquidos (amendoim, canola, milho, algodão e soja) e óleo de soja completamente hidrogenado ou estearina de algodão, foram detalhadamente descritas por List *et al.* (1995). A preparação de bases interesterificadas de óleo de palma com estes óleos e a mistura destas bases com óleo líquido forneceram produtos com características semelhantes àquelas obtidas pela hidrogenação.

Grimaldi (1999) realizou um estudo fatorial das condições de interesterificação química do PO, fixando a temperatura da reação em 100°C, variando em três níveis a concentração de catalisador (0,2; 0,3 e 0,4%) e o tempo de reação (20, 40 e 60 min). A escolha da melhor condição foi baseada no menor tempo necessário para a obtenção da máxima diferença do perfil de sólidos. Fixada a condição ideal, 0,4% de CH₃ONa - metóxido de sódio a 100°C/20 min, o autor estudou as seguintes composições de PO/PKO: 100/0, 80/20, 50/50, 60/40, 40/60, 20/80 e 0/100 antes e após a interesterificação. A gordura interesterificada apresentou melhor plasticidade associada à melhor intersolubilidade das frações lipídicas, comprovadas através dos resultados de conteúdo de gordura sólida e

consistência. O trabalho sugere as frações PO/PKO: 80/20, 60/40 para uso industrial como base para formulação de gorduras de diferentes aplicações.

4.2.1. Condições de processo

Três etapas são importantes na reação de interesterificação: o pré-tratamento do óleo inicial, a reação com o catalisador e a sua desativação (Sreenivasan, 1978).

Rozenaal (1992) cita que o óleo inicial destinado à interesterificação química com metóxido (metilato) ou etóxido (etilato) de sódio deve apresentar teores de ácidos graxos e sabões inferiores a 0,1%, índice de peróxido < 10 meq/kg e umidade < 0,01%.

Os catalisadores podem ser consumidos ou inativados pela umidade, ácidos graxos e peróxidos, respectivamente, em ordem decrescente de influência. A umidade desativa catalisadores de sódio e metóxido de sódio, sendo a secagem do óleo um passo importante (Sreenivasan, 1978).

No processamento descontínuos ou tipo "batch", inicialmente é realizado a secagem, onde o óleo ou mistura de óleos é aquecida a 120-150°C sob vácuo. Segue o resfriamento da mistura para temperatura de reação variando de 70-100°C. O catalisador em pó (0,2-0,4% de metóxido de sódio) é então, aspirado pelo reator e bem disperso em forma de mistura branca. O efeito da adição de cada 0,1% de catalisador em excesso resulta em perda de óleo neutro em torno de 1% seguindo-se a neutralização do catalisador, refino e desodorização. A mistura óleo/catalisador é bem agitada por 30-60 min até a formação de coloração marrom indicando a randomização, confirmada por análises laboratoriais. A neutralização do catalisador é feita no próprio reator com adição de CO₂, ácido cítrico ou ácido fosfórico opcional, antes da lavagem com água, refino e secagem. A água ao combinar com metóxido de sódio forma hidróxido de sódio e álcool metílico, que por sua vez em contato com o óleo neutro formará sabões e ésteres metílicos. Mantendo a mínima concentração de uso do catalisador e efetuando a neutralização antes da adição de água, a perda devido ao processo pode ser mantida no nível mínimo. O álcool metílico é removido como subproduto na lavagem e totalmente eliminado na desodorização (Lanning, 1985; Erickson, 1995).

4.2.2. Catalisadores

O processo de interesterificação de óleos pode ocorrer a altas temperaturas (300°C) mas além de ser demorada teria a desvantagem de apresentar fenômenos de polimerização e decomposição. Para acelerar o processo e trabalhar com temperaturas mais amenas que não afetam a estabilidade, recomenda-se o uso de catalisadores.

Alguns catalisadores importantes e condições para o seu uso são apresentados na Tabela 1, notando-se que o nível de catalisador, tempo e temperatura de reação varia amplamente (Sreenivasan, 1978).

O catalisador mais comumente usado para interesterificação química é o metóxido de sódio, havendo ainda outros como bases, ácidos e metais. O metóxido de sódio é normalmente usado na proporção de 0,2-0,4% em relação ao óleo e apresenta as seguintes vantagens: fácil manuseio, baixo preço, inicia a reação em temperaturas baixas como 50-70°C e podem ser facilmente removidos após lavagem com água (Sreenivasan, 1978). Contudo, é tóxico e altamente reativo, devendo ser manuseado com cuidado. Para evitar perda na qualidade do catalisador, é importante evitar contato com umidade e ar, mantendo-o em recipientes fechados em condições de baixa temperatura e umidade, até o momento do uso (Rozenaal, 1992).

Rozenaal (1992) enfatiza que os catalisadores citados poderiam ser considerados como pré-catalisadores, pois o catalisador real de interesterificação é formado nos estágios iniciais da reação. Este período de ativação é completamente ausente quando o catalisador é pré-dissolvido em parte do óleo ou dosado como uma solução molecular (metóxido de sódio em metanol, por exemplo).

Tabela 1 - Tipos de catalisadores

Catalisadores	Quantidade (%)	Temperatura (°C)	Tempo (min.)
Alquilatos metálicos (metóxido de sódio)	0,2-2,0	50-120	5-120
Metais alcalinos (Na, K, liga Na/K)	0,1-1,0	25-270	3-120
Hidróxidos alcalinos + glicerol	0,05-0,1 + 0,1-0,2	60-160	30-45

Fonte: Sreenivasan (1978)

4.2.3. Controle da reação

Freqüentemente a reação é controlada pelo monitoramento de alterações em cor, ponto de fusão e perfil de conteúdo de gordura sólida. Para assegurar o progresso da reação e caracterizar os produtos obtidos são empregados os métodos de teor de gordura sólida por ressonância magnética nuclear pulsante (RMN), calorimetria diferencial de varredura (DSC), e análise triglicéridica por cromatografia líquida de alta performance (CLAE) e cromatografia gás-líquido (CG). Pequenas alterações no ponto de fusão podem ser acompanhadas por mudanças mais significantes no conteúdo de gordura sólida através de uma faixa de temperaturas importantes funcionalmente (Lanning, 1985).

4.3. ÓLEOS DE PALMA E PALMISTE

Durante as últimas décadas o óleo de palma tem emergido como importante óleo comestível. De uma produção de 3,7 milhões de toneladas métricas em 1976-1980, uma mera percentagem de 7,1% da produção mundial de óleos e gorduras, ele tem se elevado a 18,2 milhões de toneladas métricas em 1996-2000 (17,5% da produção total de óleos e gorduras), tornando-o o segundo óleo mais abundante após o óleo de soja (Basiron, 2000). Segundo Soya (1997) a produção mundial dos óleos de palma e palmiste durante os anos de 1997 e 1998 foram, respectivamente, de 17,40 e de 2,39 milhões de toneladas. O óleo de palma é o segundo mais consumido no mundo e apresenta a maior taxa de crescimento (8% ao ano) entre os 17 principais óleos e gorduras (Brunckhost,

2000). O Brasil é o segundo maior produtor de óleo de soja (3.833 milhões de toneladas métricas por ano) e o décimo terceiro país produtor de óleo de palma (95 mil toneladas métricas por ano). O maior produtor e exportador de óleo de palma é a Malásia, com 54% da produção mundial - 10,8 milhões de toneladas métricas por ano. Sua produção de óleo de palmiste é da ordem de 1,34 milhões de toneladas métricas por ano (Agropalma, 2000).

O óleo de palma possui várias características que o tornam conveniente para ser usado em produtos alimentícios. Apresenta alto teor de gordura sólida, com consistência firme sem necessidade de hidrogenação, tem boa vida-de-prateleira, pois é muito resistente à oxidação (Consejo de Promocion del Aceite de Palma de Malasia, 1991).

Entre os produtos comerciais disponíveis o óleo de palma destaca-se pela preferência polimórfica na forma β' . Derivado de sua própria cultura em seu próprio fruto, o óleo de palmiste (forma polimórfica β) é caracterizado pelo seu derretimento agudo, característico de gordura não plástica. A associação destes dois óleos, oriundos do mesmo fruto poderia dar como resultado um produto com características intermediárias de aplicação industrial (Siew & Berger, 1986; Ringkasan, 1981).

Óleos de palma, palmiste e coco apresentam lenta cristalização que resultam em problemas no resfriamento e embalagem, pois após seguida a embalagem são macios, porém, decorrido um período, em que se completa o desenvolvimento de cristais, tornam-se completamente duros. Durante o armazenamento, misturas baseadas em óleo de palma desenvolvem textura arenosa. A interesterificação além de alterar o ponto de fusão destes óleos (TABELA 2), também pode influenciar a morfologia e a formação de cristais, reduzindo ou eliminando as características indesejáveis (Lanning, 1985)

Tabela 2 – Ponto de fusão de óleos natural e interesterificado (°C)

Tipo de óleo	Natural	Interesterificado
Óleo de Palma	39,4	42,7
Óleo de Palmiste	28,3	26,9
Óleo de Coco	25,5	28,2

Fonte: Lanning (1985)

O principal componente estrutural das gorduras plásticas é sua configuração cristalina ou polimorfismo de cristais. Das principais formas polimórficas (α , β' e β), a presença da forma β' é mais desejável em margarinas, cremes vegetais e gorduras técnicas (shortenings), responsáveis pela textura macia nos referidos produtos. Predominância de cristais β em tais sistemas resultam em uma gordura quebradiça e sem brilho. Polimorfismo β é desejável em produtos de chocolate (Rousseau *et al.*, 1998), e gorduras técnicas fluídas para frituras e panificação (Haumann, 1994).

4.4. APLICAÇÕES DAS GORDURAS FLUÍDAS E PLÁSTICAS

“Shortening” ou gorduras especiais, segundo Matz (1960), pode ser uma única gordura ou óleo, ou uma combinação de diversos óleos e gorduras, processado ou não por vários métodos para modificar suas características originais, podendo conter emulsificantes, antioxidantes e outros ingredientes adicionados a fim de melhorar e adaptar seus propósitos específicos. A plastificação e a temperagem constituem passo final na produção de gorduras especiais, importantes para alcançar a consistência própria e característica de performance. As gorduras especiais devem ser constituídas de pequenos cristais envolvidos em óleo líquido. Na cristalização é desejável uma estrutura de cristal o mais fina possível, para uma aparência macia e firme, que pode ser obtida por um resfriamento rápido da gordura de 45-50°C para 12-20°C, dependendo do tipo de gordura.

No processamento de produtos alimentícios, para cada resultado desejado faz-se necessário utilizar a gordura adequada, com suas singulares características de derretimento. O perfil de fusão de uma gordura é dado pela variação do conteúdo de gordura sólida (SFC) em ampla faixa de temperatura,

conforme demonstrado na Tabela 3.

A tecnologia de aplicação das gorduras vegetais modificadas, segundo Derner & Góes (1995), pode ser agrupada nos principais segmentos de produtos:

- 1) Biscoitos: a gordura proporciona melhoria de textura, aparência e vida de prateleira;
- 2) Produtos de panificação: a gordura exerce a função de melhorar a extensibilidade, a maleabilidade da massa, diminuir tenacidade e consistência, além de proporcionar maior crescimento do produto final;
- 3) Frituras de imersão: a gordura promove alteração de textura, cor e sabor, resultando em melhoria da palatabilidade;
- 4) Sorvetes: a gordura promove melhoria da textura devido a incorporação de ar, aumentando o volume da massa e dando a cremosidade desejada;
- 5) Caramelos mastigáveis: a gordura melhora a maquinabilidade, reduz aderência nos equipamentos, na embalagem e nos dentes.

4.4.1. Importância da gordura na produção de bolos

As contribuições que as gorduras especiais proporcionam na qualidade final de produtos assados são: maciez, paladar úmido, lubricidade, sabor, aroma e estrutura (Stauffer, 1998). O uso de gordura como ingrediente em produtos de fermentação química baseia-se na sua capacidade de reter ar durante o processo de batimento. As características de volume, granulosidade e textura do bolo com alto teor de gordura dependem basicamente da capacidade da gordura em incorporar ar a massa (Matz, 1960).

Para o bolo apresentar maior volume e grânulos mais fechados a mistura inicial deve reter grandes quantidades de pequenas células de ar. Em um bolo pronto, uma alta porcentagem do volume total representa espaços vazios, presentes como células de ar finamente divididas. Esses espaços são ocupados por dióxido de carbono e vapor de água, gerados pelo calor, que migram para bolhas mais próximas que foram incorporadas na massa durante a mistura. Portanto, o shortening exerce importante função na determinação do grau de subdivisão do ar (Stauffer, 1998).

Tabela 3 - Conteúdo de gordura sólida para diferentes tipos de gorduras produzidas no Brasil

Tipos de aplicação da Gordura	SFC (%) nas temperaturas de										P.F. °C
	10°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C	60°C	
Substituto para chocolate	78,08	60,79	54,36	38,08	17,83	1,65					39,0
Fritura	41,64	20,74	15,65	8,20	2,57	0,06					32,8
Sopas e caldos	81,54	68,05	64,30	59,77	46,68	24,59	8,96	0,17			47,3
Spray para biscoito e fritura	22,82	8,84	5,47	1,62	0						25,6
Blend para margarina	18,40	10,31	9,06	6,68	3,91	0,78	0,20	0			33,0
Blend para margarina	24,33	11,95	8,39	3,64	0,64	0	-	-			28,6
Sorvete R7	48,65	22,43	13,41	4,03	0,18	0,06	0	-			29,8
Sorvete R11	48,17	23,36	15,58	6,54	1	0	-	-			31,4
Sorvete Glaze**		30,94	19,2	5,95	0,96						35,1
Recheio para biscoito e uso geral	50,88	26,76	19,75	11,23	3,98	0,27	0	-			34,3
Biscoitos recheados*	45,43	31,23	27,85	25,24	17,86	10,88	5,17	1,35			
Recheios: bombons, recheios, wafers*	68,16	46,25	39,17	27,52	13,26	3,57	0	-			-
Bolos - PF38**	54,84	33,01	20,39	11,14	3,52	1,97	0,5	-			36,2
Uso Geral	51,06	31,19	25,67	18,16	9,53	3,69	1,37	0,05			38,9
Fritura	22,04	5,67	2,07	0,21	0	-	-	-			20,9
Panificação	6,67	4,12	3,89	2,84	1,75	1,00	0,38	0,09			16,6
Glacê	41,89	19,46	13,53	6,54	1,56	0,06	0	-			31,6
Bolos, pão de forma, etc*	50,92	29,55	22,50	14,85	7,23	0,97	0	-			-
Uso geral: biscoitos, pães, bolos, balas tipo caramelo, cremes, etc*	44,76	32,96	28,61	23,13	13,89	5,81	0,99	0			-
Uso geral: sorvete, cremes leves, margarinas, balas, etc*	37,87	20,08	14,61	8,56	2,92	0	-	-			-

Fonte: Azevedo (1999), *Grimaldi (1999) e ** gorduras utilizadas como padrão neste trabalho

4.4.2. Importância da gordura na produção de sorvetes

Considerada como um dos mais importantes constituintes na produção de sorvetes, as gorduras são responsáveis pela cremosidade e pelo corpo, e devido à sua combinação com as proteínas presentes, formam uma estrutura molecular mais firme e sólida. Os glóbulos de gordura concentram-se na superfície das células de ar durante o congelamento do sorvete. O aumento do conteúdo de gordura no sorvete diminui o tamanho dos cristais de gelo pela interrupção do espaço no qual eles se formam. A gordura tende a retardar o batimento, mas não altera o ponto de congelamento, pois não é solúvel na mistura.

Na fabricação do sorvete, o volume obtido em excesso ao volume da mistura é denominado "overrun" e expresso em porcentagem. A quantidade de ar que pode ser incorporado no sorvete depende da composição da mistura e do processamento, sendo portanto, controlado para obtenção de um aumento de volume ou rendimento que resultará em corpo, textura e palatabilidade necessárias para obter um sorvete de boa qualidade (Marshall & Arbuckle, 1996).

4.5 - ANÁLISE INSTRUMENTAL

4.5.1. Textura em bolos

A característica de textura em um alimento contribui para sua aceitabilidade geral assim como a aparência, sabor e aroma. Relacionada à qualidade, constitui em um grupo de propriedades físicas, visuais e estruturais do alimento, não podendo ser analisada isoladamente (Bourne, 1982).

Apesar da textura ser uma propriedade basicamente sensorial, pode ser analisada e mensurada objetivamente através de métodos mecânicos expressos em unidades de massa ou força. Os testes objetivos diretos que medem as propriedades mecânicas dos materiais utilizam técnicas em que o alimento é deformado por forças de compressão, cisalhamento ou combinação dessas. A extensão da deformação e/ou da resistência oferecida pela amostra é registrada e usada como índice de textura (Kramer, 1973).

Instrumentos múltiplos são usados em uma variedade de testes de textura por apresentarem precisão e exatidão. Permitem obter vários parâmetros de

textura em uma só medida através do registro de curvas força-tempo (Brenan, 1984). O Instron Universal Testing Machine (UTM) foi o primeiro equipamento adaptado para uso em alimentos (Bourne, 1982).

Atualmente, dois instrumentos têm sido muito utilizados para determinação da análise de Perfil de Textura (TPA), o Instron e o Analisador de Textura TA-XT2, este consiste de um sistema hidráulico para a movimentação de um pistão a uma velocidade variável conforme o método, ao qual é conectado um dispositivo que entra em contato com a amostra, registrando a resistência na forma de curvas e calculando os diversos atributos de textura.

As curvas obtidas pelo texturômetro são interpretadas em função dos métodos de perfil de textura de Brandt et al. (1963) e da classificação de termos de textura de Szczesniak (1963) o qual propôs três categorias de características texturais:

- 1) Mecânicas: características relacionadas à reação do alimento à força (dureza, coesividade, viscosidade, elasticidade, adesividade)
- 2) Geométricas: características relacionadas com o tamanho, formato e orientação das partículas dentro do alimento (fibroso, celular, cristalino, granuloso, etc).
- 3) outras características: relacionadas com a percepção de umidade e teor de óleos e gorduras nos alimentos (oleosidade, suculência, etc).

Civille e Szczesniak (1973), descreveram as características físicas e sensoriais de textura que são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Definições das características de textura

Propriedades	Físicas	Sensoriais
Primárias		
Dureza	Força necessária para produzir uma certa deformação	Força requerida para compressão de uma substância entre os dentes molares (para sólidos) ou entre a língua e o palato (para semi-sólidos)
Coesividade	Extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura. Força das ligações internas que dão corpo ao produto	Grau com o qual uma substância é comprimida entre os dentes antes de romper
Viscosidade	Velocidade de fluxo por unidade de força	Força requerida para puxar um líquido da colher para a língua
Elasticidade	Velocidade na qual um material deformado volta à condição não deformada, depois que a força de deformação é removida	Grau com o qual um produto volta a sua forma original, depois da compressão com os dentes
Adesividade	Energia necessária para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e a de outros materiais com o qual o alimento está em contacto	Força requerida para remover o material que adere à boca (palato) durante o processo normal de comer.
Secundárias		
Fraturabilidade	Força com que o material fratura; um produto com alto grau de dureza e baixo grau de coesividade	Força com a qual uma amostra esmigalha, racha ou quebra em pedaços
Mastigabilidade	Energia requerida para mastigar um alimento até a deglutição; produto: dureza X coesividade X elasticidade	Tempo requerido para mastigar uma amostra, a uma velocidade constante de aplicação de força, para reduzi-la à consistência adequada para deglutição
Gomosidade	Energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido até estar pronto para deglutição: é o produto dureza X coesividade X 100	Densidade que persiste durante a mastigação: energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido ao ponto ideal para deglutição.

Fonte: Civille e Szczesniak (1973)

4.6. ANÁLISE SENSORIAL

A aplicação da análise sensorial fornece informações fundamentais para a área de desenvolvimento e otimização de produtos, auxiliando na redução de custos; alteração de produtos/processos ou determinando a vida útil de produtos (Stone & Sidel, 1993).

A importância da análise sensorial é crescente dentro das indústrias de alimentos e bebidas, cosméticos e produtos farmacêuticos, porque estas consideram uma extensão natural dos objetivos de cada empresa em alcançar a mais alta qualidade dos produtos e ocupar uma posição dominante no mercado consumidor (Meiselman, 1993).

Os métodos sensoriais, podem ser divididos em três categorias: (1) métodos discriminativos relacionados com a tentativa de se discriminar produtos, em um sentido mais absoluto, utilizando-se procedimentos comparativos; (2) métodos descritivos utilizados para descrever diferenças e similaridades entre produtos, quantificando-as e (3) métodos afetivos relacionados à medida de aceitação e preferência de um produto (Stone & Sidel, 1993).

4.6.1 - Teste de Diferença do Controle

O teste de diferença do controle é essencialmente um teste de diferença simples em que se avalia o tamanho da diferença. Este teste é usado para determinar se existe diferença entre uma ou mais amostras em relação ao controle e simultaneamente estimar o tamanho da diferença. O teste consiste na apresentação de uma amostra-controle e uma ou mais amostras codificadas. Sempre se introduz uma amostra igual ao controle (placebo) entre as amostras codificadas. O julgador é solicitado a provar as amostras, comparando-as com o controle e avaliar o grau de diferença usando uma escala apropriada. A ordem de apresentação das amostras deve ser balanceada entre os julgadores conforme o número de amostras.

A análise dos dados deve ser feita por análise de variância (ANOVA) e para a comparação das médias das amostras com a do controle é indicado o teste de média de Dunnett. Assim as médias que diferirem do padrão por uma diferença maior ou igual ao valor da mínima diferença significativa (dms) são

consideradas significativamente diferentes ao nível de significância de 5% (Meilgaard *et al*, 1991).

4.6.2 - Teste de Aceitação.

O teste de aceitação é componente valioso e necessário de todo programa sensorial. Geralmente é precedido pelos testes de discriminação e descritivos, que reduzem o número de produtos alternativos a serem testados. Esta medida de aceitação sensorial não garante sucesso no mercado, visto que, isso dependerá de vários fatores como preço, embalagem, marketing entre outros. Porém fornece uma boa indicação do potencial do produto em si (Stone & Sidel,1993).

O teste de aceitabilidade é utilizado quando se deseja conhecer o comportamento afetivo do consumidor com relação ao produto, usando para esse fim escalas hedônicas que expressam gostar ou desgostar de um produto. Pode-se avaliar a aceitação global ou também a aceitação de atributos do produto. Os resultados devem ser analisados por análise de variância (ANOVA). Havendo diferença significativa entre amostras, recomenda-se o teste de Tukey para determinar quais as amostras que diferem entre si (Meilgaard *et al*, 1991).

5 - MATERIAL E MÉTODOS

5.1 - MATÉRIAS-PRIMAS

Para a realização dos testes experimentais foram utilizados os materiais descritos a seguir

- a) Óleos de Palma (PO) e Palmiste (PKO) refinados e desodorizados, fornecido pela CRA (Companhia Refinadora da Amazônia – Belém-PA, Brasil)
- b) Óleo de soja totalmente hidrogenado (HSBO), fornecido pela SADIA S.A., Brasil
- c) Catalisador metilato de sódio em pó anidro da marca Degussa, fornecido pela BASF
- d) Gordura hidrogenada PF38 (para bolos), Glaze (para sorvetes) e pó de cacau vermelho – Cargill, Mairinque-SP, Brasil
- e) Emulsificantes GRINSTED™ PGE20 e DIMODAN® - DANISCO, Cotia-SP, Brasil
- f) Emulsificante e estabilizante para sorvetes da marca Síber adquiridos no comércio local assim como os demais ingredientes para formulação dos produtos.

5.2 - EQUIPAMENTOS, INSTRUMENTOS E INSTALAÇÕES

- Cromatógrafo gasoso capilar PERKIN ELMER 8420, com sistema de injeção capilar e detector de Ionização de Chama. Coluna CP™-Sil 88, 50m X 0,25 mm. Integração utilizando o software Peak Simple.
- Espectrômetro de Ressonância Magnética Nuclear BRUKER pc120
- Reator de vidro (capacidade de 4L) encamisado, acoplado a um banho termostático com bomba de circulação. Sistema de agitação pneumático, registrador de temperatura digital e aplicação de vácuo (Figura 2).
- Unidade de desodorização com nitrogênio
- Texturômetro mod.TA-XT2 com o programa XTRA Dimension da Stable Micro System
- Espectrofotômetro ColorQuest II – Hunter Lab

- Forno Rational AG, modelo D86899, tipo CPC61 com controle de temperatura automático em 180°C
- Batedeira Kitchen Aid Classic K45SS
- Sorveteira Inadal mod.DS3

5.3 - MÉTODOS ANALÍTICOS

Para todas as determinações analíticas, foram utilizados Métodos da American Oil Chemists' Society (AOCS).

- Ácidos Graxos Livres - Ca 5a-40 (1996)
- Índice de Peróxido - Cd 8b-90 (1996)
- Umidade - Ca 2c-25 (1993)
- Sabões - Cc 17-79 (1993)
- Ponto de fusão - Cc 3-25 (93)
- Índice de Iodo - Cd 1c-85 (95)
- Composição em Ácidos Graxos - Ce 1f-96 (1996)

Metilação: Ce 2-66 (1997)

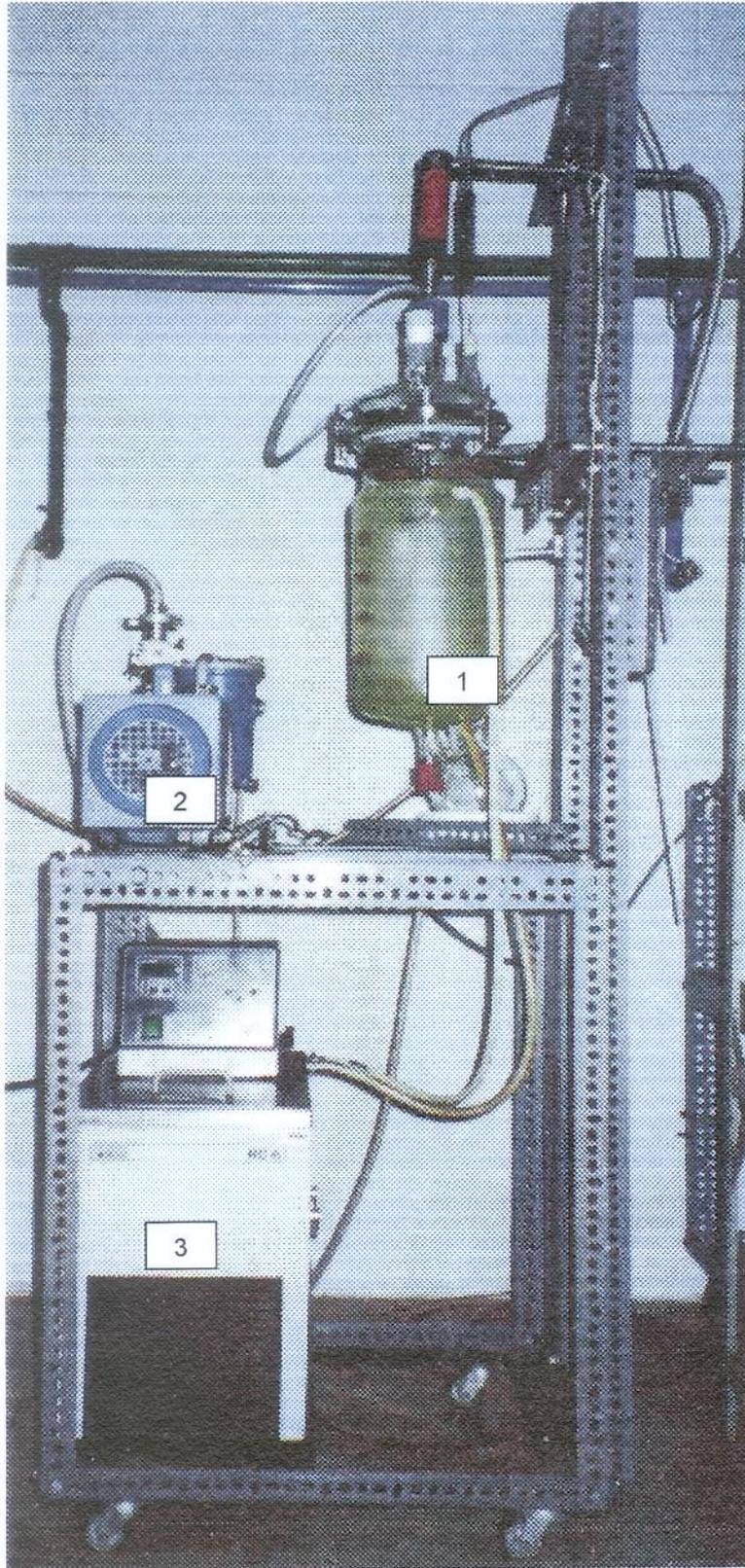
Condições da análise: 270°C para injetor, 300°C detector, 180°C/15min, 180 - 200°C sendo 1°C/min e 200°C/10min para análise; gás de arraste Hélio 0,98mL/min, Split 1:115.

- Conteúdo de Gordura Sólida - Método AOCS Cb 16b-93 (1996); Método direto, Temperagem para gorduras não estabilizadas, leitura das amostras em série nas temperaturas de 10; 20; 25; 30; 35; 37,5 e 45°C

- Composição Triglicerídica (CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência)

Solução 5% de fração oleosa em acetona, Cromatógrafo Líquido Perkin Elmer 250; Coluna de fase reversa Lichrosorb RP-18 (5µm) de 25cm Merck; Fase móvel: acetona:acetonitrila (62:38); Fluxo 1mL/min; Detector de Índice de Refração Sicon Analytic; Integrador HP 3395.

- Composição Triglicerídica prevista por programa de computador "Triglic". É calculada segundo distribuição "1,3-Random 2 Random" de Plonis (citado por Ferrari, 1992) no qual é inserido a relação da composição de ácidos graxos e o número de trissaturados do respectivo óleo. Após o programa fazer as combinações, este apresenta uma relação de triacilgliceróis com a quantidade estimada de cada um.



1. Reator de vidro encamisado

2. Bomba de vácuo

3. Banho Termosta-
tizado Lauda com
bomba de circulação

4. Registrador de
temperatura digital

5. Agitação pneumá-
tica

Figura 2 – Equipamento utilizado na reação de interesterificação

5.4 – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

5.4.1 - Caracterização da matéria-prima

As amostras gordurosas foram caracterizadas em função de índices de qualidade (acidez, umidade, índice de peróxido, sabões), de identificação quanto à estrutura lipídica (composição em ácidos graxos e triglicéridica) e quanto ao perfil de fusão (conteúdo de gordura sólida).

5.4.2- Estudo da reprodutibilidade dos testes laboratoriais em planta piloto: Interesterificação de óleo de palma em planta piloto

As reações foram realizadas com lotes de 2Kg de óleo de palma em duplicata, utilizando condições otimizadas em trabalho anterior (Grimaldi, 1999), com 0,4% (m/m) de metilato de sódio a 100°C/20 min, sob vácuo e agitação constante em uma unidade de neutralização de óleos adaptada para interesterificação, contendo reator de vidro encamisado, controle de temperatura, agitação, e adaptação para vácuo. A adição do catalisador em pó foi feita com prévia dissolução em metanol (solução de 30%) conforme produto disponível no mercado. Neste reator foram efetuados a interesterificação e lavagem dos produtos secundários e secagem do óleo interesterificado.

5.4.3- Adequação das condições de interesterificação em planta piloto

Foi necessário variar as condições do item anterior para adequá-las à nova escala testada, sendo considerados como controle os resultados pré-obtidos nas condições laboratoriais.

Testes de interesterificação com concentração de catalisador em excesso (1%) além de 0,4%, em tempos de reação variados (20, 40 e 60') foram realizados em planta piloto. Reações de interesterificação com 0,4%, 0,5% e 0,6% de catalisador foram estudadas em diferentes tempos de reação (20, 30, 40 e 60 min.) para certificar se as condições pré-estabelecidas (item 5.4.2) realmente eram as que proporcionavam maiores modificações no conteúdo de sólidos.

5.4.4- Obtenção de produtos interesterificados de óleo de palma, palmiste (PO/PKO) e misturas com óleos ou gorduras para obtenção de perfis diferenciados de fusão

As reações de interesterificação química da mistura de óleo de palma/palmiste (80/20 e 60/40) foram realizadas com lotes de 2Kg em quadruplicata, utilizando 0,4% (m/m) de metilato de sódio a 100°C/20 min. sob vácuo e agitação constante. A adição do catalisador passou a ser feito com o próprio óleo aquecido na temperatura da reação ("Slurry"). Foram obtidos 8 kg de cada fração oleosa de PO/PK 60:40 e 80:20 interesterificadas. O fluxograma geral do processo é apresentado na figura 3.

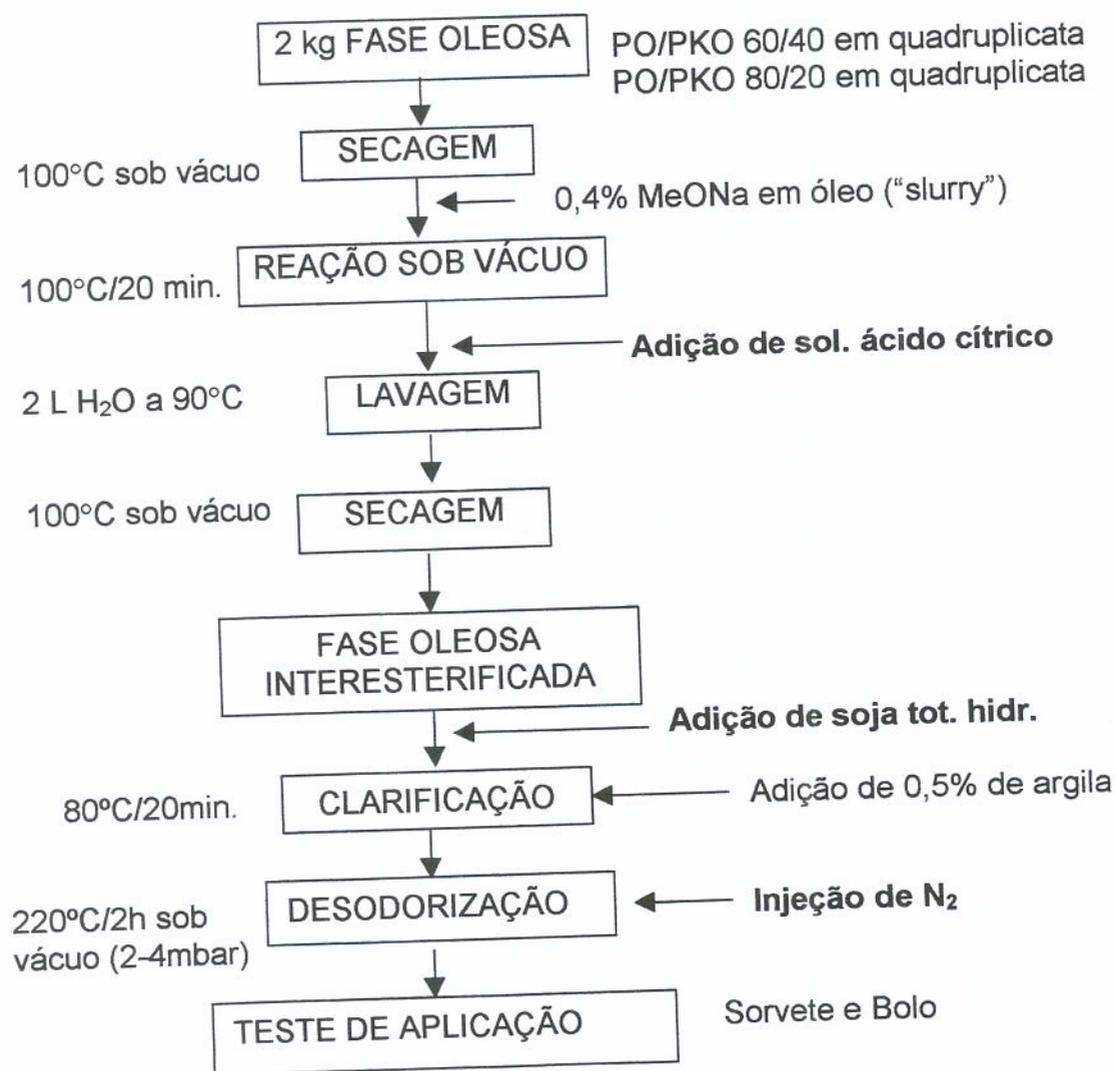


Figura 3. Fluxograma do processo de preparação das bases gordurosas

A solução de ácido cítrico (CA) adicionado para neutralização do catalisador tem a finalidade de reduzir perdas pela formação de sabões, antecede a etapa de lavagem e foi preparada conforme descrição abaixo.

$$PM \text{ CH}_3\text{ONa} = 54,03\text{g}$$

$$PM \text{ CA} = 192,14\text{g}$$

Para um lote de 2 Kg:

$$2.000\text{g} \cdot (0,4\text{g CH}_3\text{ONa} / 100\text{g de lote}) \cdot (\text{mole} / 54,03\text{g CH}_3\text{ONa}) \cdot (192,14\text{g CA} / \text{mole}) = 28,45\text{g CA}$$

Para uma solução de CA ($DH_2O=1$):

$$50\text{g CA} / 100\text{g sol.} = 28,45 \text{ g CA} / X\text{g sol.}$$

$$X = 28,45 (100) / 50 = 56,9\text{g de sol. CA}$$

Foram realizadas misturas das gorduras obtidas com base de soja totalmente hidrogenada (HSBO), nas proporções de 5, 10, 15 e 20%. Com objetivo de manter a presença de sólidos à temperatura ambiente em baixos níveis, foram adequados teores de adição de óleo de soja refinado na faixa de 1 a 5%. Esta adição foi monitorada por perfil de sólidos.

A indicação de uso das formulações oleosas foi decidida em função do conteúdo de gordura sólida e ponto de fusão das frações elaboradas.

5.4.5- Clarificação, Desodorização e Caracterização das frações

Após a obtenção das fases oleosas interesterificadas, estas foram submetidas à clarificação que consistiu em aquecê-las a 80°C utilizando o próprio reator de interesterificação, adicionar 0,5% de argila clarificante Fulmont Premiere, deixar reagir por 20 minutos sob vácuo e agitação. Em seguida filtrá-las em filtro de aço inox encamisado com circulação de água a 50°C sob vácuo.

A desodorização foi realizada com nitrogênio a 220°C/2h sob vácuo de 2-4mbar, passando para 10-12 mbar durante a injeção de nitrogênio.

A caracterização das frações foi realizada em termos de:

- Composição em ácidos graxos, ponto de fusão, índice de iodo, ácidos graxos

livres, índice de peróxidos, cor, umidade e avaliação sensorial.

- Avaliação Sensorial: para detectar presença de odores e sabores estranhos. Realizada no próprio laboratório de óleos e gorduras com participação de 10 provadores compreendendo alunos, técnicos e professores. O óleo foi aquecido em placa quente a $50 \pm 1^\circ\text{C}$ (método AOCS Cg2-83 de 1992), dentro de um béquer de vidro (50 mL) com aproximadamente 30 mL de amostra e coberto com vidro de relógio. Foi solicitado ao provador provar as amostras utilizando uma colher (café) e atribuir notas conforme ficha apresentada na figura 4. Entre uma amostra e outra foi solicitado ao provador enxaguar a boca com água quente ou mastigar uma fatia de pão de forma. O resultado foi analisado pela média das notas.

5.4.6 - Aplicação das bases gordurosas em cozinha industrial

Duas formulações gordurosas desodorizadas e caracterizadas foram testadas em cozinha experimental de indústria, por apresentarem perfil de sólidos e ponto de fusão característicos para aplicação em bolos e sorvetes.

Antes de serem utilizadas, as gorduras foram plastificadas da seguinte forma: a mistura (gordura e os aditivos) no caso do bolo e somente gordura para o sorvete foram completamente fundidos e colocados em uma batedeira planetária de aço inox. Houve simultâneo batimento e resfriamento da gordura (imersão do recipiente em uma bacia com gelo) até atingir consistência firme (cristalização).

5.4.6.1 – Elaboração do bolo

Duas formulações de bolo, uma com a gordura comercial (padrão) e outra com a gordura interesterificada foram preparadas paralelamente. O rendimento de cada formulação foi previamente calculado para cinco bolos de 300g cada. Este procedimento foi repetido por mais duas vezes, obtendo então triplicatas de fornada. A formulação utilizada é apresentada na tabela 5.

Análise Sensorial – Óleos Vegetais

Nome: _____

Colocar os números das amostras nos espaços em branco indicados, na ordem apresentada, da esquerda para a direita.

Provar cada amostra nesta ordem, enxaguando a boca **antes de provar a primeira amostra** e entre uma amostra e outra.

Para efetuar a avaliação considere a escala abaixo, com uma coluna para cada amostra apresentada.

Coloque um "X" no espaço relativo a nota que melhor expresse a sensação experimentada.

Escala / Descrição		Amostras	
		n°	n°
10	Sem sabor ou odor		
9	Agradável Sabor quase imperceptível		
8	Agradável porém com sabor ligeiramente perceptível de amêndoa ou manteiga		
7	Agradável porém com sabor moderadamente identificável de amêndoa/ manteiga/ cereal		
6	Sabor identificável e forte de amêndoa/ manteiga/ cereal ou suave de peixe/ ranço/ tinta/ herbáceo/ outros forte para óleo fresco		
5	Sabor moderado de peixe/ ranço/ tinta/ papelão/ herbáceo/ outros		
4	Sabor moderado de peixe/ ranço/ tinta/ papelão/ herbáceo/ outros		
3	Sabor fortemente desagradável, intragável		

Caso tenham assinalado para qualquer amostra, nota menor ou **igual a "6"**, favor comentar. Seus comentários ajudarão a identificar o problema.

Amostra n°

Comentários:

Figura 4 – Ficha utilizada para análise sensorial de óleos.

Tabela 5 - Formulação de bolo inglês

Ingredientes	Peso (%)
Farinha	30,8
Açúcar	26,4
Leite	22,0
Gemas	15,8
*Gordura vegetal	8,8
Fermento	1,1

*Gordura vegetal fundida adicionada de 1,0%, em relação ao peso total do bolo, de GRINSTED™ PGE 20 e 0,5% de DIMODAN® e plastificada.

A produção dos bolos foi feita em quatro estágios:

Inicialmente a gordura e o açúcar foram misturados na velocidade 2 por 2 min., então fez-se a adição das gemas que foram misturadas da mesma forma, assim como o leite e por último, a farinha com o fermento, misturadas na velocidade 1 por 3 min.

Cerca de 300 g de massa foram despejadas em formas (base: 20 cm X 7,5 cm e topo: 21 cm X 9,5 cm X 6 cm de altura) revestida de papel manteiga e levadas para assar em forno elétrico a 180° C/23 min.

Após resfriamento, os bolos foram acondicionados em sacos plásticos individuais.

5.4.6.2 - Elaboração do sorvete

Foram preparados 3 Kg de cada formulação, sendo uma feita com gordura padrão e outra com gordura interesterificada. A formulação básica é apresentada na Tabela 6. A gordura utilizada foi previamente plastificada.

O processamento do sorvete está descrito na Figura 3. A mistura foi preparada em recipiente de alumínio e o aquecimento para pasteurização foi realizado em chama de fogão. Para a homogeneização utilizou-se o “ultra-turrax” e o resfriamento foi realizado em banho-Maria com gelo. As formulações prontas foram acondicionadas em potes plásticos de 2L e mantidos a -19°C.

Tabela 6 - Formulação de sorvete de chocolate

Ingredientes	Peso (%)
Água	58,5
Açúcar	21,4
Leite em pó (26% gord.)	13,0
Cacau (verm. Alc.)	3,5
Gordura vegetal	3,2
Emulsificante	0,3
Estabilizante	0,1

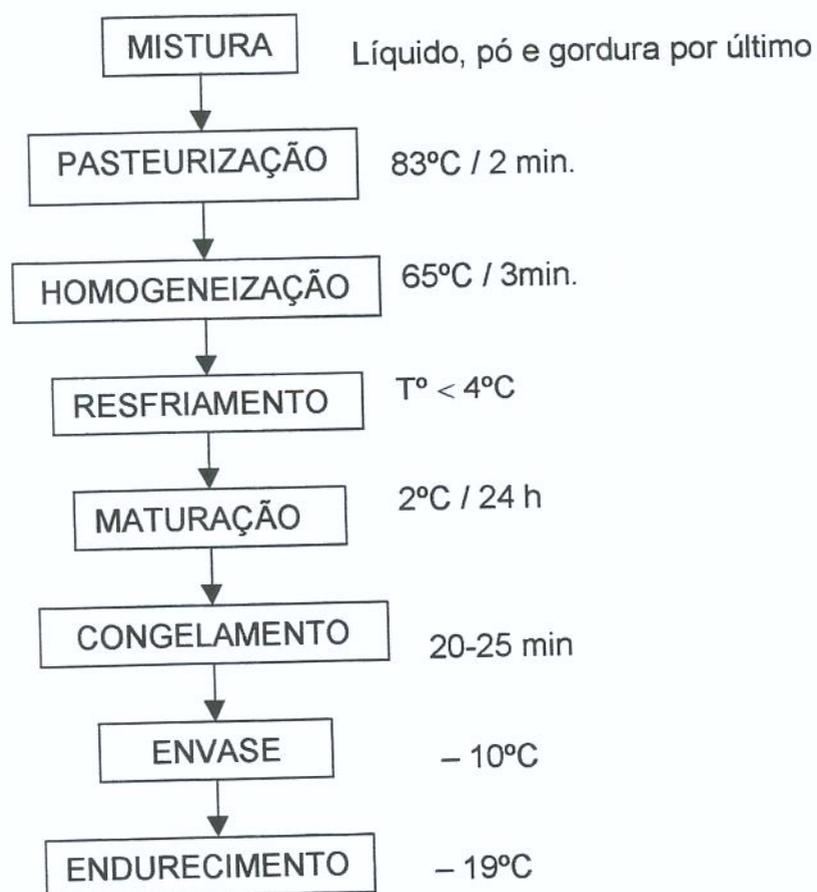


Figura 5 - Fluxograma do processamento de sorvetes

5.4.7 - Avaliação de qualidade dos produtos elaborados com as bases gordurosas

A contribuição da base gordurosa nas características do produto frente a gordura de linha utilizada pela indústria cedente foi avaliada através de testes de qualidade e sensoriais para as amostras de bolos e sorvetes.

5.4.7.1 – Avaliação da Qualidade de Bolos

A qualidade dos bolos foi avaliada em termos de volume específico, perfil de textura e cor do miolo, através de comparação dos resultados obtidos pelo bolo experimental em relação ao bolo padrão (elaborado com gordura interesterificada e gordura hidrogenada, respectivamente).

A - Volume específico

O volume específico foi calculado pela relação entre o volume do bolo (cm^3), determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço (Penfield & Campbell, 1990) e a massa do mesmo (g).

As determinações de volume foram realizadas em triplicata para cada fornada. O teste foi realizado 24 h após preparação do bolo, utilizando-se um aparato composto de funil para alimentação das sementes de painço, recipiente para acomodação do bolo e proveta graduada. As sementes foram alimentadas através do funil para o recipiente por queda livre para permitir uma acomodação natural. A quantidade de painço foi nivelada passando uma régua na borda do recipiente. Este procedimento foi repetido, porém agora com o bolo dentro do recipiente; as sementes restantes foram medidas em uma proveta, correspondendo ao volume do bolo.

B - Perfil de textura (TPA)

Decorridos 48 h da preparação dos bolos, estes foram fatiados com uma faca de serra em fatias de 1,25 cm. A medida de textura foi efetivada em triplicata para cada fornada, sendo que para cada medida foram utilizadas duas fatias centrais sobrepostas.

Os parâmetros para a obtenção do perfil de textura dos bolos foram: dureza adesividade, coesividade e elasticidade determinados através de

testes conduzidos em um texturômetro TA-XT2, com software XTRA Dimension da Stable Micro System. O equipamento foi ajustado de acordo com as condições dadas pelo próprio programa para análise de bolos:

- probe cilíndrico (com diâmetro de 25 mm)

força em compressão

- velocidade de pré e pós-teste = 5 mm/s

- velocidade de teste = 2,0 mm/s

- força de contato = 5,0 g

- distância = 10 mm

- ciclo de contagem = 10

C - Cor do miolo

Para a análise de cor foi utilizado o Sistema Hunter & Lab corrigido pelo CIE. Teste realizado após 6 dias da preparação dos bolos, com uma leitura para cada fornada, obtendo no total três leituras por amostra. Fatias de 2 cm foram envolvidos em filme plástico para a leitura dos valores L*, a* e b*.

Calibração: reflectância especular incluída (RSIN) com iluminante D65 e ângulo do observador de 10°. Padronização do equipamento: calibrador branco nºC6299 de 03/96 (X=77,46; Y=82,08; Z=88,38) e cinza nºC6299G de 03/06 (X=47,71; Y=50,83; Z=54,94), envolvidos por filme plástico.

5.4.7.2- Avaliação da Qualidade de Sorvetes

A – Incorporação de ar (“OVERRUN”)

Overrun (OR) é uma medida da quantidade de ar no produto e pode ser calculado da seguinte forma:

$$OR = \frac{\text{peso da mistura} - \text{peso do sorvete}}{\text{peso do sorvete}} \times 100$$

O overrun foi medido em duplicatas durante o processo de congelamento pela determinação separada de pesos da mistura inicial e do sorvete em um béquer cuidadosamente preenchido (Cottrell, Pass & Phillips, 1979).

5.4.8 - Análise Sensorial dos Produtos Processados (bolos e sorvetes)

Os testes sensoriais foram realizados no laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA/UNICAMP) cujas instalações incluem cabines individuais para testes. Os provadores consistiram de alunos e funcionários da UNICAMP, de faixa etária variando entre 20 e 45 anos.

Para o teste de diferença do controle e teste de aceitação, as amostras de bolo (1/2 fatia) foram servidas em pratos plásticos brancos identificados com números aleatórios de três algarismos, apresentados de forma balanceada (AB, BA) e solicitava-se que as amostras fossem provadas da esquerda para direita. Da mesma forma, com o sorvete, que foi servido em copos plásticos de 30 mL, com quantidade de amostra entre 30 e 40g a temperatura de -10 a -12°C . As fichas utilizadas no teste de diferença do controle e a do consumidor foram iguais tanto para bolos quanto para sorvetes, portanto as Figuras 6 e 7 mostram apenas o modelo de ficha empregado para bolos.

Os produtos Glaze (gordura para sorvetes) e PF38 (gordura para bolos) foram utilizados como padrão para os testes sensoriais.

5.4.8.1- Teste de Diferença do Controle

O teste consistiu na apresentação de uma amostra-controle (padrão) e duas amostras codificadas (sendo uma igual ao padrão). O provador foi solicitado a provar as amostras, comparando-as com o padrão e avaliar o grau de diferença usando escala apresentada na figura 4. O teste de diferença do controle foi realizado com 10 provadores para as amostras de bolo e 14 para as amostras de sorvete. A análise dos dados foi feita por análise de variância (ANOVA).

5.4.8.2- Teste de Aceitação

A aceitabilidade das formulações foi determinada por testes de aceitação com a participação de consumidores comuns do produto. O teste foi realizado com trinta e cinco provadores para o bolo e quarenta e cinco para o sorvete.

Nesta análise, foi apresentado ao provador duas amostras codificadas e foi solicitado a avaliar o quanto gostou ou desgostou de cada amostra utilizando uma escala apropriada apresentada na figura 5.

A avaliação dos resultados foi feita por análise de variância (ANOVA), teste de Tukey e histograma de barras (nível de aceitação do produto versus porcentagem de provadores).

Nome _____		Data: _____	
<p>Você está recebendo uma amostra padrão (P) de bolo inglês e 2 amostras codificadas. Prove a amostra padrão e em seguida, prove cada uma das amostras codificadas e avalie, na escala abaixo, o quanto cada amostra codificada difere, em termos globais, da amostra padrão.</p>			
0 = nenhuma diferença			
1			
2 = ligeira diferença			
3			
4 = moderada diferença			
5			
6 = muito diferente			
7			
8 = extremamente diferente			
Amostra		Grau de diferença	
_____		_____	
_____		_____	
Comentários: -			

Figura 6 – Ficha utilizada para o teste de diferença do controle de bolos

Nome: _____ Idade: _____

1) Você está recebendo duas amostras codificadas de bolo inglês. Avalie a aparência das amostras e utilizando a escala abaixo indique o quanto você gostou ou desgostou da APARÊNCIA das mesmas:

- 9 – gostei muitíssimo
- 8 – gostei muito
- 7 – gostei moderadamente
- 6 – gostei ligeiramente
- 5 – não gostei, nem desgostei
- 4 – desgostei ligeiramente
- 3 – desgostei moderadamente
- 2 – desgostei muito
- 1 – desgostei muitíssimo

amostra	valor
_____	_____
_____	_____

2) Agora prove, por favor as amostras da esquerda para a direita e, utilizando a escala acima indique o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra de uma FORMA GERAL

amostra	valor
_____	_____
_____	_____

3) Prove as amostras da esquerda para a direita e, utilizando a escala acima indique o quanto você gostou ou desgostou do SABOR de cada amostra

amostra	valor
_____	_____
_____	_____

4) Prove as amostras da esquerda para a direita e, utilizando a escala acima indique o quanto você gostou ou desgostou da TEXTURA de cada amostra

amostra	valor
_____	_____
_____	_____

Comente o que você mais gostou e o que menos gostou em cada amostra:

Amostra	mais gostou	menos gostou
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Figura 7 – Ficha utilizada para o teste de aceitação de bolos

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 - CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

A Tabela 8 apresenta os valores obtidos na caracterização da matéria-prima. Devido as amostras de PO e PKO já serem refinadas e desodorizadas, ambas se encaixam dentro dos padrões de qualidade citados por Rozenaal (1992) para serem interesterificadas. A composição em ácidos graxos, de modo geral estão de acordo com os limites encontrados em literatura (Gunstone *et al*, 1994; Siew & Berger, 1986)

Tabela 8 – Caracterização, composição em ácidos graxos e conteúdo de gordura sólida de PO e PKO

Índices de qualidade	PO	PKO
FFA (%)	0,04 (palmítico)	0,03 (láurico)
POV (meq/kg)	0,89	0,59
Umidade (%)	Isento	Isento
Sabões (%)	Isento	Isento
Composição em ácidos graxos (%)		
C8:0	-	4,51
C10:0	-	3,59
C12:0	-	46,87
C14:0	1,04	15,29
C16:0	45,28	9,31
C18:0	4,82	2,25
C18:1	38,93	15,81
C18:2	9,93	2,37
Saturados	51,14	81,82
Insaturados	48,86	18,18
Conteúdo de gordura sólida (%)		
10°C	47,11	71,42
20°C	24,01	41,26
25°C	13,77	16,07
30°C	8,36	0
37,5°C	4,06	
35°C	2,13	
40°C	0	

Da Tabela 8 verifica-se que o PO contém aproximadamente quantidades iguais de ácidos graxos saturados (44% de ácido palmítico e 5% de ácido esteárico) e insaturados (39% de ácido oléico e 10% do ácido linoleico). No entanto, o óleo de palmiste é predominantemente composto por ácidos graxos

saturados sendo o ácido láurico responsável por cerca de 50% de sua composição.

O conteúdo de gordura sólida do PO e PKO revela duas gorduras com comportamento de derretimento muito distinto, embora extraídas do mesmo fruto (da polpa e da amêndoa, respectivamente), sendo o primeiro com derretimento lento e o outro com derretimento rápido.

Determinou-se por CLAE a composição triglicéridica apenas para o óleo de palma (Tabela 9) devido à dificuldade de identificação dos picos do óleo de palmiste. A composição triglicéridica de PO e PKO prevista por programa de computador “Triglic” é apresentada nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 9 – Composição de triacilgliceróis de PO determinado por CLAE

Palma						Total
C48	PPP 3,85	MOP* 9,49				13,34
C50	PPS 1,27	POP 27,68	PLP* 9,49	MOL** 2,89		41,33
C52	POS 6,15	POO 23,71	POL 11,38	PLL** 2,89	PSS 1,10	45,23
C54	SOO 3,18	OOO 5,25	OOL 2,42	OLL 0,56		11,41

* total resultante da soma de MOP e PLP

** total resultante da soma de MOL e PLL

Tabela 10 – Composição de triacilgliceróis de PO previsto pelo programa “Triglic”

Palma							Total
C48	PPP 6,5	MOP 1,1					7,6
C50	PPS 2,1	POP 28,8	PPL 1,5	PLP 7,3			39,7
C52	POS 7,5	POO 20,7	POL 10,6	PLS 1,3	OPO 1,3	PLL 1,3	42,7
C54	SOO 2,2	SOL 1,1	OOO 4,7	OOL 3,6			11,6

A composição triglicéridica de PO determinado por CLAE e a prevista pelo programa “Triglic” estão bem relacionadas assim como a composição obtida pela

técnica de cromatografia gasosa a altas temperaturas por coluna capilar (HT-CGC) reportado por Grimaldi (1999) apresentado no Anexo 1.

Tabela 11 – Composição de triacilgliceróis de PKO previsto pelo programa “Triglic”

Palmiste						Total
C30	CyCLa 0,5					0,5
C32	CyLaLa 3,5					3,5
C34	CyLaM 2,3					2,3
C36	CyLaP 1,4	CLaM 1,8	LaLaLa 12,1			15,3
C38	LaLaM 11,8	CyOLa 2,3	CLaP 1,1			15,2
C40	LaLaP 7,2	LaMM 3,9	COLa 1,9	CyMO 0,5		13,5
C42	LaLaS 1,7	LaMP 4,7	LaOLa 12,2	LaLLa 1,9		20,5
C44	LaOM 8,0	LaLM 0,8	LaPP 1,4	LaMS 1,1	MMP 0,8	12,1
C46	LaPS 0,7	LaOP 4,9	MMO 0,9			6,5
C48	LaOO 4,1	LaLO 0,8	LaOS 0,8	MPO 1,1		6,8
C50	MOO 0,9					0,9

A composição triglicéridica do PKO foi comparada com os valores obtidos por Grimaldi (1999) e Antoniossi (1995) que utilizou dois métodos (HT-CGC e previsão por programa de computador) para esta determinação. Os resultados apresentaram maior concordância quando foram comparados com o primeiro autor, devido as amostras serem provenientes do mesmo fornecedor. A concordância dos valores obtidos com o segundo autor (Anexo 2) foi menor, podendo ser justificada pela diferente procedência e pela possível falta de tratamento da matéria-prima, não especificada.

6.2 - INTERESTERIFICAÇÃO DE ÓLEO DE PALMA EM PLANTA PILOTO

Os resultados de escala laboratorial não foram reproduzidos inicialmente em planta piloto. Para certificar a eficiência da atividade do catalisador, foi realizada a interesterificação em pequena escala. Mantidas as mesmas condições de reação descritas no item 5.4.2, o catalisador foi adicionado diretamente em 100g de óleo de palma. Foi comprovado que o novo lote de catalisador possui a mesma eficiência do lote anterior que serviu como referência para este trabalho.

6.3 - ADEQUAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE INTERESTERIFICAÇÃO EM PLANTA PILOTO

Duas concentrações de catalisador testadas (0,4% e 1%), não apresentaram nenhuma modificação no teor de sólidos. Após alteração da forma de adição do catalisador foi possível obter resultados positivos. A reprodutibilidade esperada foi alcançada pela substituição do metanol por óleo líquido como veículo de adição de catalisador ("slurry"). Na Figura 8 verifica-se que o uso de 0,4 e 0,5% de catalisador resultou em um aumento similar no conteúdo de sólidos, nos diversos tempos de reação estudados e uma menor modificação no teor de sólidos quando foi utilizado 0,6% de catalisador, valores numéricos reportados no Anexo 3.

A Figura 9 mostra as modificações ocorridas no perfil de derretimento do PO após interesterificação, além de poder constatar que a concentração de 0,4% apresentou maiores modificações no teor de sólidos em relação às demais concentrações, confirmando que a condição pré-estabelecida no item 5.4.2 é a condição ideal.

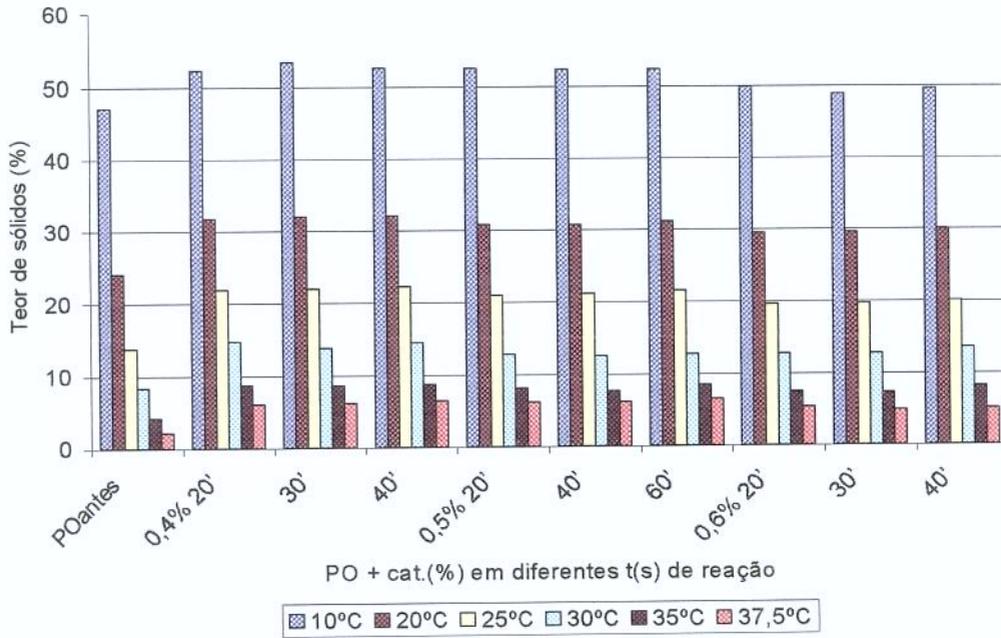


Figura 8 – Conteúdo de gordura sólida de óleo de palma antes e após interesterificação com diferentes concentrações de catalisador e tempos de reação.

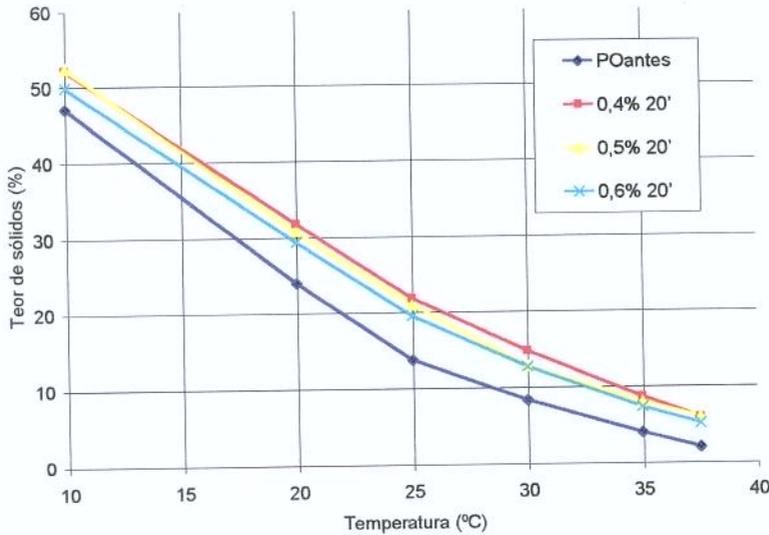


Figura 9 – Conteúdo de gordura sólida de PO antes e após interesterificação com diferentes concentrações de catalisador

6.4 - PRODUTOS INTERESTERIFICADOS DE PO/PKO

Alterações físicas das gorduras podem ser constatadas na Figura 10 que apresentaram maior plasticidade após serem interesterificadas. O conteúdo de gordura sólida dessas duas frações oleosas interesterificadas, sugere que ambas apresentam características desejáveis para aplicação em produtos de panificação.

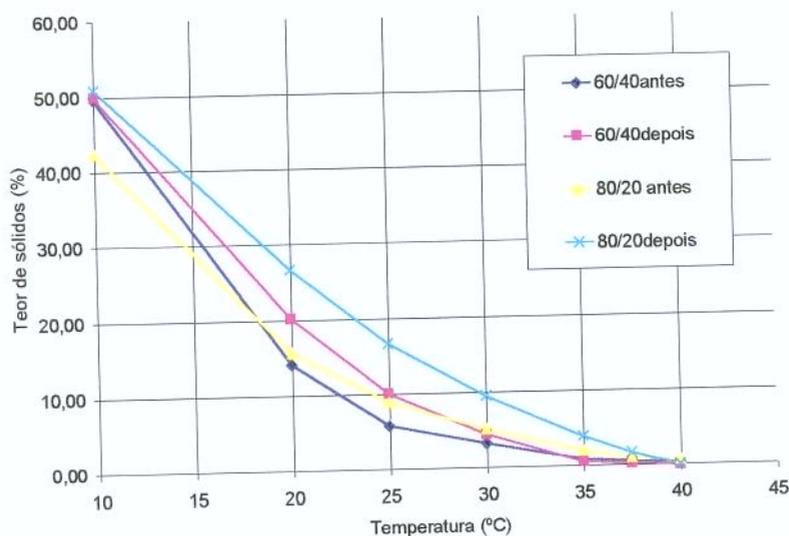


Figura 10 – Conteúdo de gordura sólida de misturas de óleo de PO/PKO 60:40 e 80:20 antes e após interesterificação

6.4.1- Efeito da adição de HSBO

No gráfico apresentado na Figura 11, com os respectivos valores numéricos no Anexo 4, pode-se verificar que a adição de HSBO nas proporções de 10, 15 e 20% na fração de PO/PKO 60:40 e 80:20 interesterificada resultou gorduras com ponto de fusão muito alto tornando inviável sua aplicação. A comparação das curvas da fração de PO/PKO 80:20 interesterificada adicionada de 5% de HSBO com gorduras comerciais apresentada na Tabela 3, indicou uma provável aplicação dessa mistura para recheios de biscoitos (Figura 12).

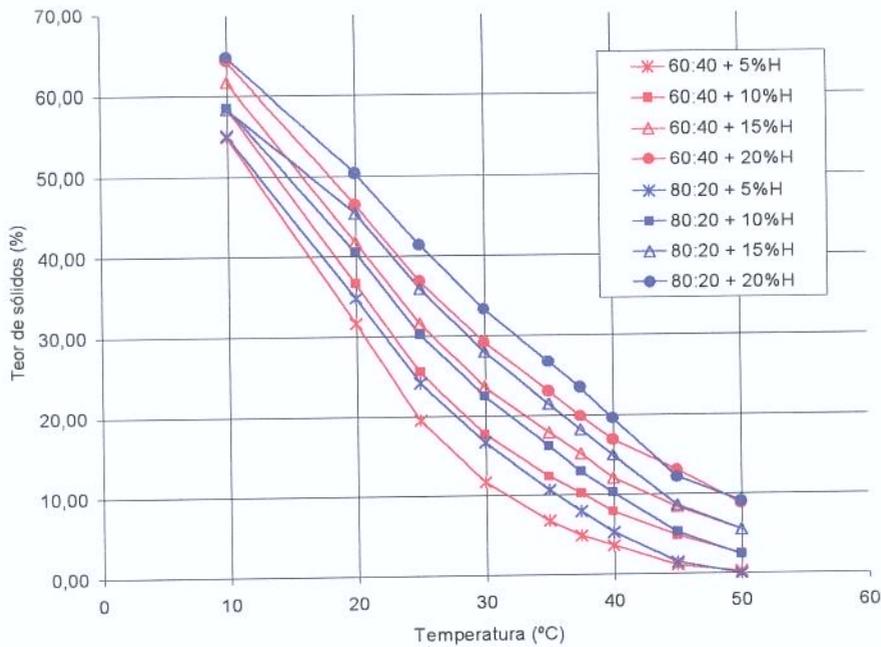


Figura 11 – Conteúdo de gordura sólida de misturas de PO/PKO interesterificado adicionado de HSBO (H)

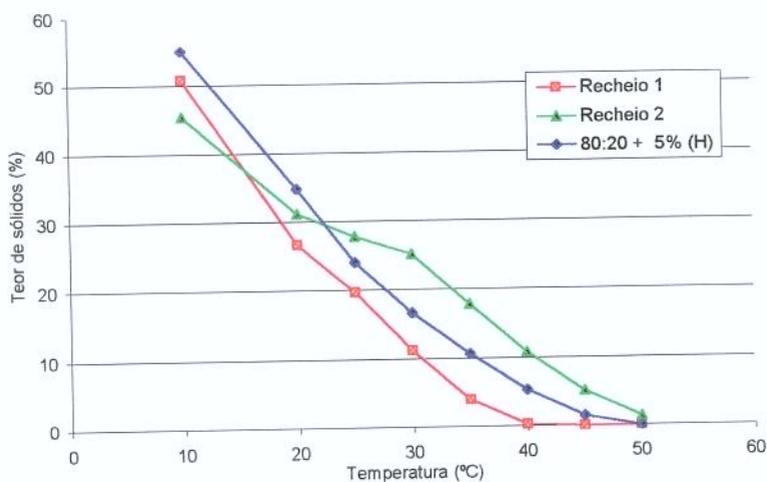


Figura 12 – Conteúdo de gordura sólida da mistura de PO/PKO 80:20 + 5% de HSBO e das gorduras comerciais para recheios de biscoitos

A adição de menores teores de HSBO (1,2,3 e 4%) na mistura de PO/PKO interesterificada apresentado na Figura 13 e no Anexo 5 resultou gorduras com maior probabilidade de aplicação. Pela comparação do teor de sólidos das misturas obtidas com o de algumas gorduras comerciais (hidrogenadas)

disponíveis, apresentadas na Tabela 3, constatou-se possíveis aplicações das misturas interesterificadas de PO/PKO:

- a) 60:40 na elaboração de sorvetes (Figura 14);
- b) 60:40 adicionada de 1 e 2% em frituras e na elaboração de glacê;
- c) 60:40 adicionada de 3% na fabricação de bolos (Figura 15);
- d) 60:40 adicionada de 4% como uma gordura de uso geral;
- e) 80:20 adicionada de 2% na elaboração de bolos e pães de forma.

As frações interesterificadas 60:40 e 60:40 adicionada de 3% de HSBO foram aplicadas em sorvete e bolo, respectivamente, utilizando as gorduras Glaze e PF38 como padrão.

Bases gordurosas para produtos de confeitaria podem ser obtidos a partir da interesterificação de 40% de estearina de palma com 60% óleo de soja ou 25% de HSBO com 75% de óleo de soja (Petrauskaite et al, 1988).

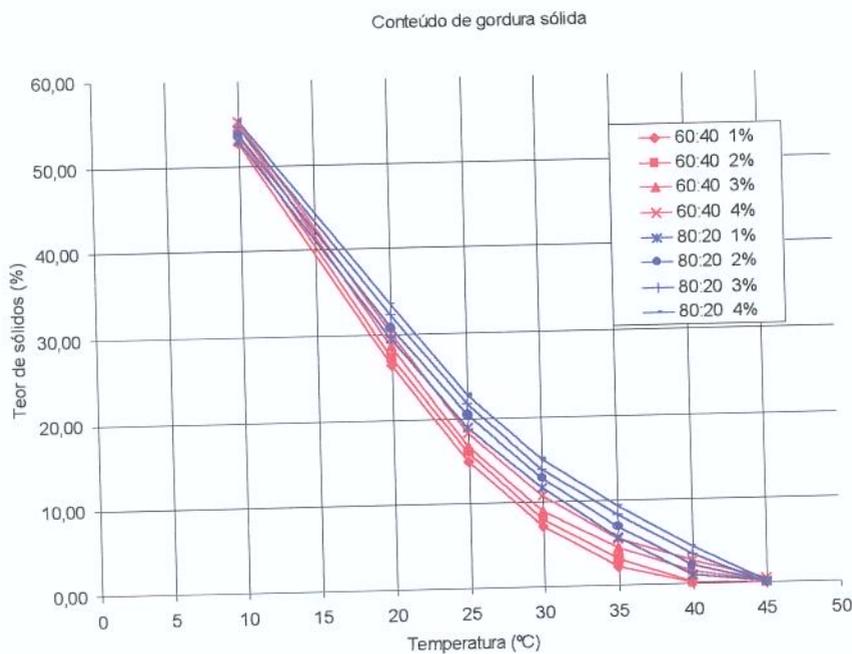


Figura 13 – Conteúdo de gordura sólida de misturas de óleo interesterificado de PO/PKO 60:40 e 80:20 com 1 a 4% de HSBO

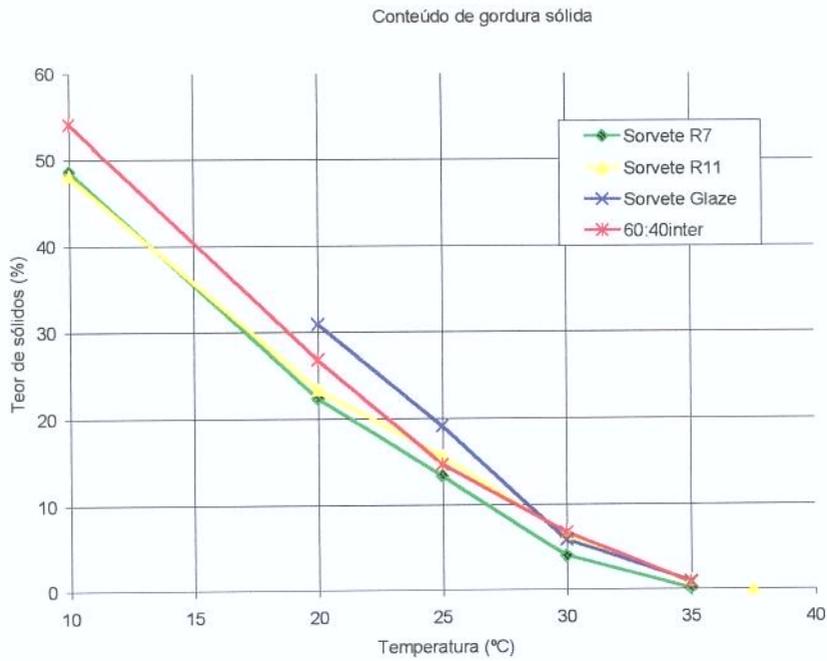


Figura 14 – Conteúdo de gordura sólida da fração interesterificada de PO/PKO 60:40 e das gorduras hidrogenadas comerciais para sorvetes.

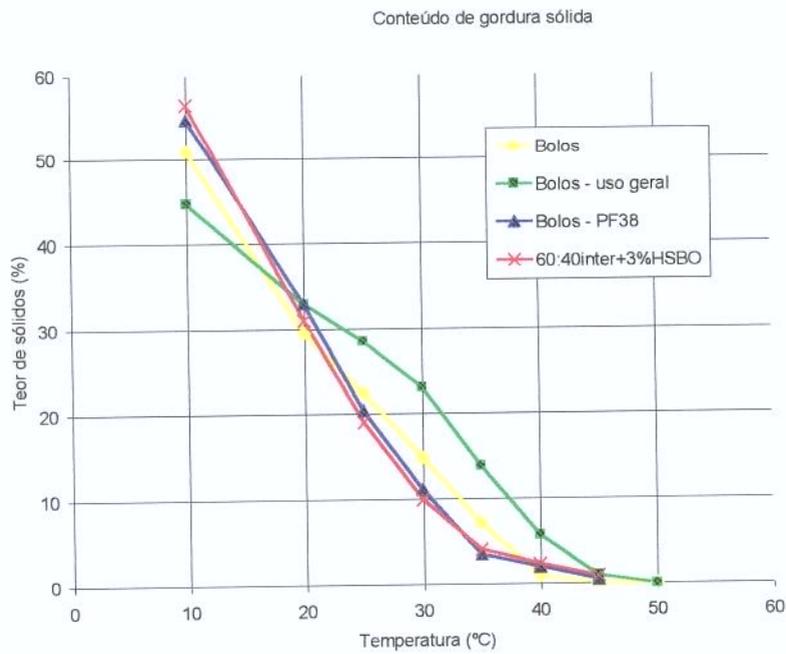


Figura 15 – Conteúdo de gordura sólida da mistura interesterificada de PO/PKO 60:40 adicionada de 3% e das gorduras comerciais para bolos.

6.4.2 – Efeito da adição de óleo líquido

Devido às misturas resultantes da adição de 5, 10, 15 e 20% de HSBO apresentarem restrita ou nenhuma aplicação, foi adicionado óleo de soja de 1 a 5% com o objetivo de reduzir o teor de sólidos a partir de 30° C atingindo níveis mínimos a 45°C, porém não houve modificações na faixa de interesse, como exemplificado na Figura 16, apresentando apenas pequena redução nas temperaturas abaixo de 25°C, o resultado integral dessas misturas pode ser constatado no Anexo 5.

Foi testado também, uma mistura da fração interesterificada de PO/PKO 60:40 com 25% e 50% de óleo de girassol para obter uma base para margarinas. Na Figura 17 verifica-se variados comportamentos de derretimento das bases utilizadas na fabricação de margarinas (dados da Tabela 3). A mistura feita com 25% de óleo de girassol apresentou um perfil de derretimento semelhante à margarina 2, consistindo esta mistura, base apropriada para fabricação de margarinas “zero-trans”. Pela interesterificação de estearina de palma e óleo de girassol na proporção de 1:1, Gunstone (1998) obteve margarinas isentas de gorduras hidrogenadas e, portanto livres de isômeros *trans*. No mercado europeu e no Canadá já existe a alguns anos uma margarina livre de isômeros *trans* (Becel), produzida pela Unilever a partir de estearina de palma interesterificada com óleo de palmiste seguido da mistura de óleo líquido (Haumann, 1998).

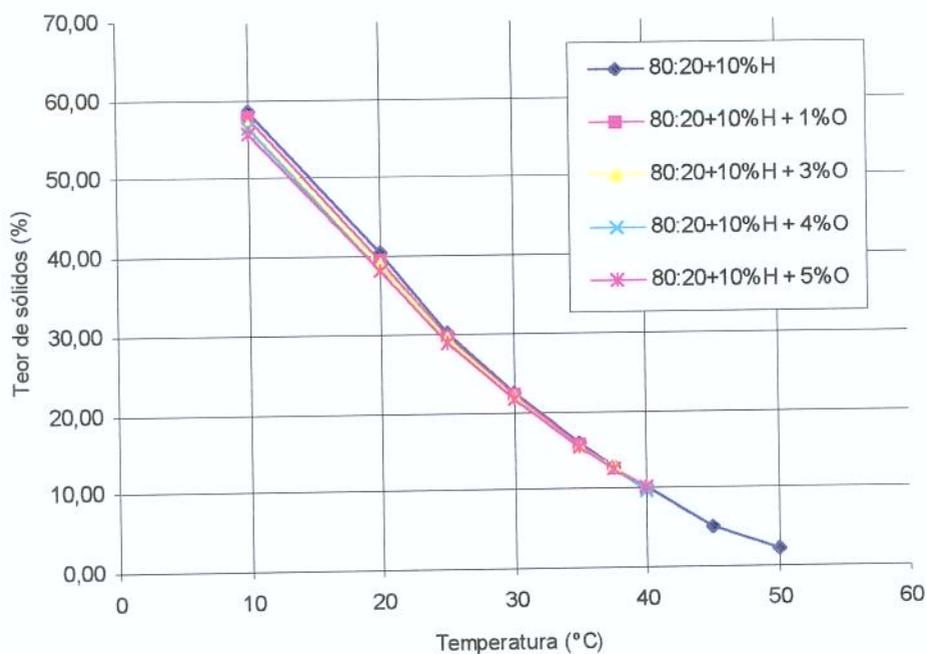


Figura 16 - Conteúdo de gordura sólida de misturas de PO/PKO 80:20 interesterificado adicionado de 10% de HSBO (H) e 1-5% de óleo de soja (O)

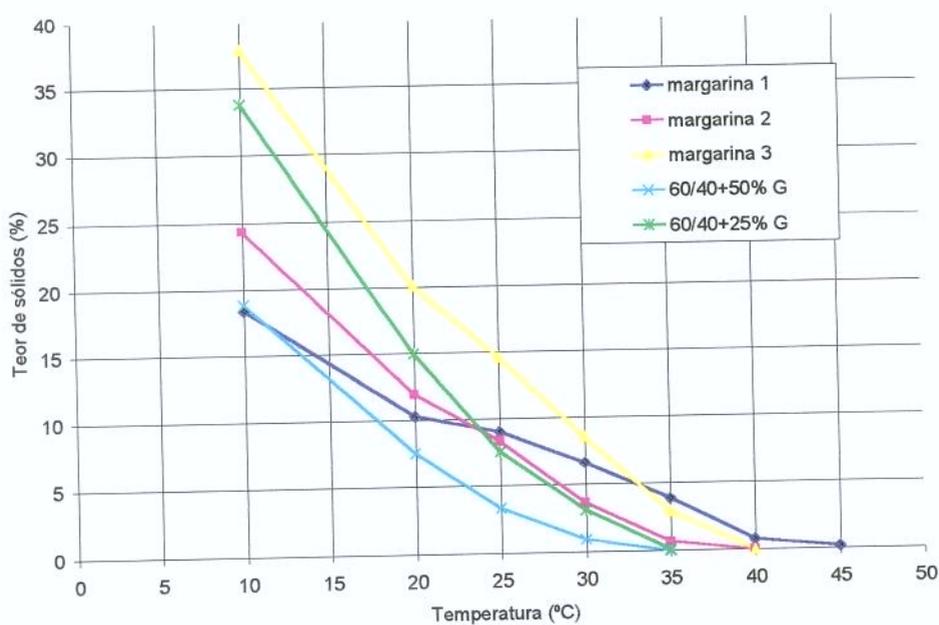


Figura 17 – Bases comerciais utilizadas para preparação de margarina e mistura de PO/PKO adicionado de óleo de girassol (G)

A caracterização das frações de PO/PKO selecionadas para aplicação e das gorduras comerciais que foram utilizadas como padrão são apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 – Caracterização e composição em ácidos graxos das gorduras interesterificadas (Inter) e hidrogenadas (Hidrog.):

	Hidrog. Bolo	Inter+3%HSBO Bolo	Hidrog. Sorvete	Inter Sorvete
FFA (%)	0,05	0,04	0,05	0,001
	(% oleico)	(% palmítico)	(% oleico)	(% palmítico)
POV. (meq/kg)	0,5	0,6	0,4	0,5
Cor Lovibond*	10,0Y/1,1R	25,0Y/3,2R	7,5Y/0,8R	30,0Y/3R
Umidade (%)	Isento	Isento	Isento	Isento
I.lôdo	71	37	72	36
PF (°C)	36,2	36,5	35,1	31,9
Composição em ácidos graxos (%)				
C8:0	-	2,85	-	2,26
C10:0	-	1,26	-	1,56
C12:0	-	19,07	-	21,49
C14:0	-	6,63	-	7,10
C16:0	11,43	28,16	11,27	28,44
C18:0	10,9	5,85	9,04	3,61
C18:1trans	25,72	-	26,87	-
C18:1	41,96	29,05	45,31	28,81
C18:2trans	3,72	-	4,11	-
C18:2	4,62	7,15	2,64	6,73
C20:0	0,53	-	-	-
C22:0	0,62	-	0,75	-
C24:0	0,5	-	-	-

(*) Cubeta 5"1/4

Verifica-se que as amostras experimentais apresentaram maior intensidade de cor. Geralmente o processo de desodorização é realizado em uma hora à temperaturas elevadas, porém devido as limitações de equipamento, o processo foi prolongado por duas horas. Não foi observado nenhuma alteração no produto devido a cor da gordura.

Altas taxas de isômeros trans, cerca de 30%, pôde ser observado na composição de ácidos graxos das gorduras comerciais, comprovando a grande vantagem da utilização da interesterificação para obtenção de gorduras especiais em relação à hidrogenação.

A gordura interesterificada avaliada quanto ao sabor apresentou nota média de 7,6 para a fração 60:40inter, descrito de forma geral como sabor moderado de cereal e para a mistura 60:40inter+3%HSBO nota 6,1 apresentando sabor forte de cereal e suave de ranço e tinta. Essas notas podem ser consideradas como boas tendo em vista que os provadores tem o paladar adaptado ao óleo de soja e considerando que não houve treinamento dos provadores com diferentes tipos de óleo. As notas são apresentadas no Anexo 6.

6.5 - Avaliação da qualidade

6.5.1 – Testes físicos

A necessidade de plastificação da gordura para sua aplicação foi adaptada para os testes em planta piloto pelo uso de batedeiras com recursos de resfriamento. Embora não ideais, os resultados mostraram-se satisfatórios.

Os resultados obtidos para cor e volume específico do bolo padrão formulado com a gordura PF38 e do bolo experimental formulado com 60:40inter+3%HSBO são apresentados na Tabela 13. Esses resultados juntamente com os de perfil de textura foram submetidos à análise de variância ANOVA, demonstrados nos Anexos 7, 8 e 9.

Tabela 13 – Média do Volume específico e cor das amostras de bolo padrão e experimental

	Bolo Padrão	Bolo Experimental
Volume específico (mL/g)	2,52 ± 0,15	2,55 ± 0,06
Cor		
L	79,31 ± 0,20	78,88 ± 0,34
a*	3,17 ± 0,04	3,23 ± 0,04
b*	33,41 ± 0,15	34,01 ± 0,07

Os bolos elaborados com a gordura hidrogenada comercial PF38 e com a gordura interesterificada PO/PKO adicionado de 3% de HSBO visualmente não apresentaram diferenças no crescimento e na cor do bolo inteiro, conforme a Figura 18, assim como na textura do miolo que foi homogênea nas três fornadas e com os dois tipos de gordura conforme a Figura 19.

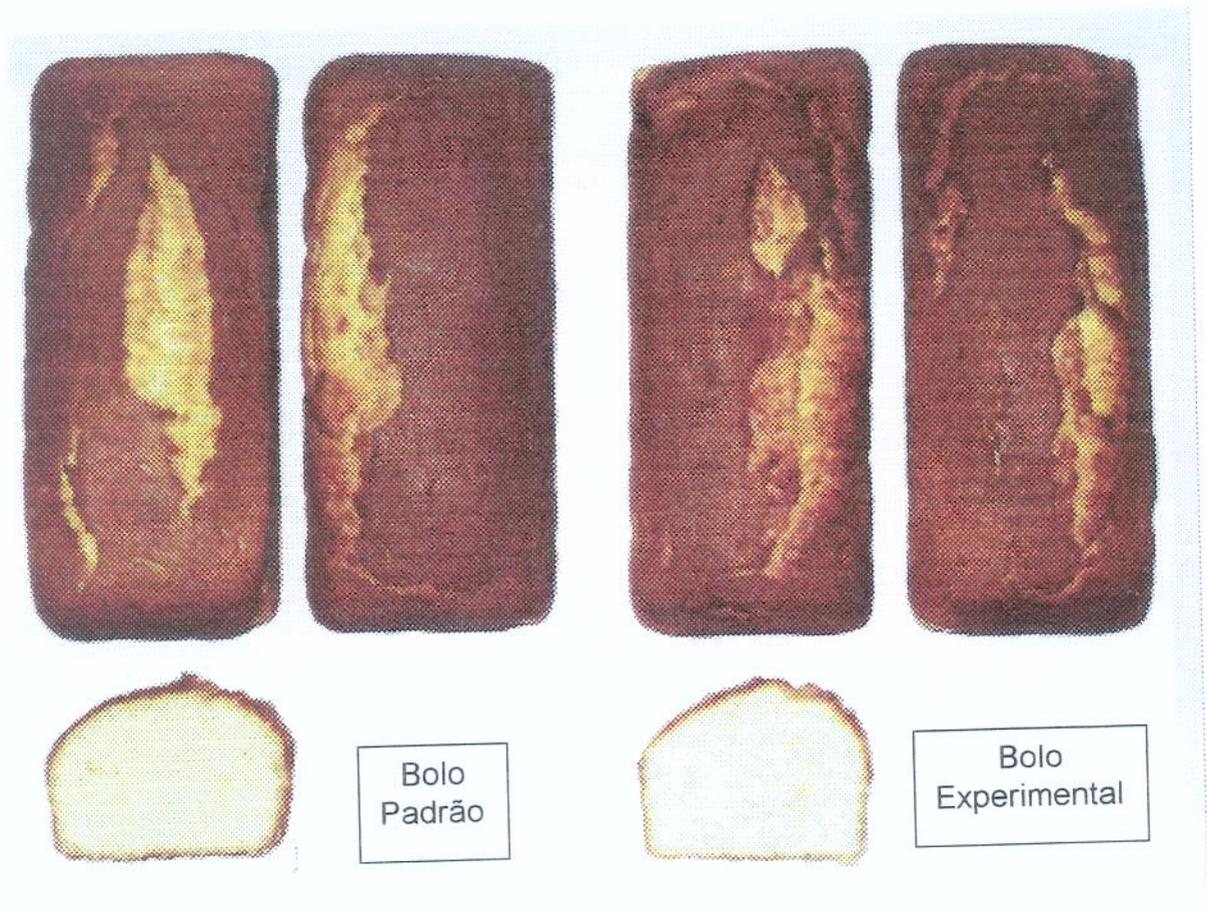


Figura 18 – Bolo Inglês elaborado com a gordura hidrogenada (Padrão) e com a gordura interesterificada adicionada de HSBO (Experimental)

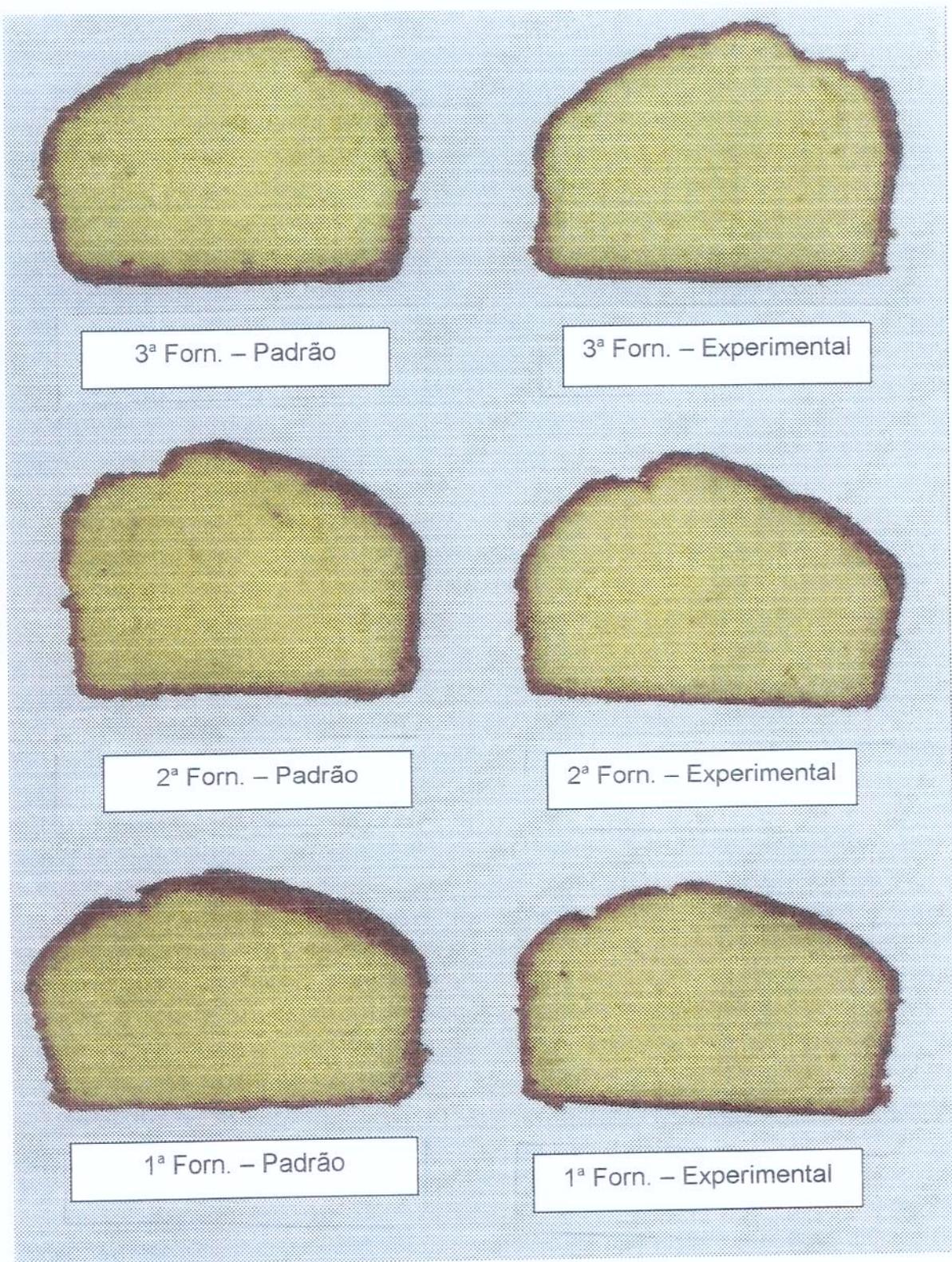


Figura 19 – Fatias das triplicatas de fornada de bolo padrão e experimental

As amostras do bolo experimental não diferiram significativamente ($p > 0,05$) do bolo padrão em termos de cor, volume específico, dureza, coesividade e elasticidade, com exceção apenas para o parâmetro de adesividade. O bolo padrão apresentou maior força (-6,74) para deslocar o “Probe” para sua posição inicial em relação ao bolo experimental (-4,45), indicando que o primeiro era mais adesivo que o segundo (Tabela 14). O volume médio foi de 2,52 para as amostras de bolo experimental e 2,55 para o bolo padrão.

Tabela 14 - Média e desvio padrão dos parâmetros de textura de bolos

	Bolo Padrão	Bolo Experimental
Dureza (g)	354,6 ± 32,7	395,4 ± 27,3
Adesividade	-6,74 ± 1,23	-4,45 ± 0,98
Coesividade	0,41 ± 0,012	0,42 ± 0,008
Elasticidade	0,12 ± 0,006	0,12 ± 0,004

O teste de aeração (“overrun”) para formulação de sorvetes não indicou diferenças na propriedade de incorporação do ar em ambas as amostras, apresentando uma média de 28% de aeração.

6.5.2 - Análise Sensorial

Os resultados dos testes de diferença avaliados por ANOVA foram apresentados nas Tabelas 15 e 16. As amostras experimentais diferiram significativamente ($F_{amostra} > F_{crítico}$) a um nível de 95% de confiança das amostras padrão, tanto para o bolo quanto para o sorvete. Essas diferenças foram descritas pelos provadores como sendo ligeira a moderada (notas de 2 a 4) para o bolo em relação à sensação de umidade que se apresentava maior no bolo padrão; e moderada a muita (nota 4 a 6) para o sorvete em relação ao sabor e velocidade de derretimento.

Tabela 15 - Análise de variância (ANOVA) do teste de diferença aplicado em bolos

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Provador	10	9	1,11	1,02	3,18
Amostra	7,2	1	7,2	6,61	5,12
Erro	9,8	9	1,09		
Total	27	19			

Sendo:

SQ = Soma quadrática

gl = grau de liberdade

MQ = média quadrática

F = fator calculado

F crítico = fator tabelado

Tabela 16 - ANOVA do teste de diferença aplicado em sorvetes

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Provador	36,7	13	2,82	1,12	2,58
Amostra	57,1	1	57,14	22,6	4,67
Erro	32,9	13	2,53		
Total	126,7	27			

A avaliação do teste de aceitação pela ANOVA demonstrou que não existe diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre o grau de aceitação das amostras de bolo padrão e o bolo experimental nos atributos avaliados (Anexo10), assim como para as amostras de sorvete (Anexo 11).

Nas Tabelas 17 e 18 são apresentadas as distribuições das respostas de aceitação agrupadas em três faixas da escala: faixa de aceitação (valores entre 9 e 6), faixa de indiferença (valor igual a 5) e faixa de rejeição (valores entre 4 e 1) das amostras de bolo e sorvete. Os histogramas de frequência das respostas hedônicas para cada atributo de bolos e sorvetes são apresentados nos Anexos12 a 15.

Ambos os bolos apresentaram alta aceitação, com aprovação de 100% dos provadores no atributo de aparência. Na avaliação de forma geral e de sabor a aceitação foi ligeiramente maior para o bolo experimental (97%) em relação ao bolo padrão (94%) . Os dois bolos apresentaram mesma aceitação (94%) para a textura, sendo que 5,7% posicionaram indiferentes quanto à textura do bolo

padrão e 5,7% rejeitaram a textura do bolo experimental com justificativas de que este apresentou-se mais seco do que o bolo padrão. Isto confirmou a característica detectada anteriormente pela análise instrumental onde o bolo experimental mostrou-se menos adesivo do que o bolo padrão.

Os dois sorvetes apresentaram aceitação em torno de 93% nos atributos de forma geral e sabor. Na aparência e textura a rejeição foi maior para o sorvete experimental (8,9 e 4,4%) do que para o sorvete padrão (6,7 e 2,2%). Esta rejeição possivelmente está mais relacionada com a preparação da amostra do que com a própria característica do sorvete. A preparação das amostras de sorvete apresentou um grau de dificuldade maior devido à necessidade do controle da temperatura.

Tabela 17 - Porcentagem de consumidores distribuídos em escalas de aceitação para bolo padrão (BP) e bolo experimental (BE).

Faixa da escala	Aparência		Forma Geral		Sabor		Textura	
	BP	BE	BP	BE	BP	BE	BP	BE
Aceitação (9 a 6)	100	100	94,29	97,14	94,29	97,14	94,29	94,29
Indiferença (5)	-	-	5,71	2,86	5,71	2,86	5,71	-
Rejeição (4 a 1)	-	-	-	-	-	-	-	5,71

Valores entre parênteses () correspondem aos valores da escala hedônica.

Tabela 18 - Porcentagem de consumidores distribuídos em escalas de aceitação para sorvete padrão (SP) e sorvete experimental (SE).

Faixa da escala	Aparência		Forma Geral		Sabor		Textura	
	SP	SE	SP	SE	SP	SE	SP	SE
Aceitação (9 a 6)	93,3	84,4	93,4	95,6	93,6	93,6	91,1	88,9
Indiferença (5)	-	6,7	4,4	4,4	2,2	2,2	6,7	6,7
Rejeição (4 a 1)	6,7	8,9	2,2	-	2,2	2,2	2,2	4,4

Valores entre parênteses () correspondem aos valores da escala hedônica.

7 – Conclusão

A prévia diluição do catalisador em óleo aquecido mostrou ser a forma mais eficiente de adição para obtenção de bons resultados na reação de interesterificação química do óleo de palma do que a adição do catalisador pré-diluído em metanol.

A condição pré-estabelecida em escala laboratorial (100 g) com utilização de 0,4% de metóxido de sódio a temperatura de 100°C por vinte minutos pôde ser reproduzida com êxito em escala piloto (2 Kg) apresentando maior variação em termos de teor de sólidos.

Foi possível, através das etapas da reação de interesterificação alterar e diversificar, por meio de posterior adição de óleo de soja totalmente hidrogenado (HSBO), o perfil de sólidos da gordura inicial sem a necessidade de hidrogenação parcial, e conseqüentemente, sem a possibilidade de formação de isômeros *trans*.

Também foi possível obter gorduras com perfil de sólidos bem próximos ao das gorduras comerciais utilizadas na fabricação de sorvetes, bolos, recheios para biscoitos e margarinas.

Este estudo demonstrou a aplicação com sucesso das frações óleo de palma e palmiste 60:40 interesterificado, 60:40 interesterificado adicionado de 3% de HSBO como ingredientes para sorvetes e bolos, respectivamente, sem a presença de ácidos graxos *trans* em sua composição.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGROPALMA. Tecnologia/Produtos. [Online]. Available: <http://www.agropalma.com.br> [Fevereiro, 8, 2000].
2. ALLEN, R. R. Principles and catalysts for hydrogenation of fats and oils. **Journal American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.55, p.792-795, 1978
3. ANTONIOSSI FILHO, N. R. **Análise de Óleos e Gorduras Vegetais utilizando Métodos Cromatográficos de Alta Resolução e Métodos Computacionais**. São Carlos, 1995, 339p. Tese (Doutor em Ciências/ Química Analítica) - Instituto de química de São Carlos, Universidade de São Paulo.
4. AOCS – **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist's Society**. Champaign, 4rd ed., 1995.
5. AZEVEDO, C. H. **Teores de isômeros *trans* em gorduras vegetais hidrogenadas avaliados por diferentes técnicas instrumentais**. Campinas, 1999. 109p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
6. BASIRON, Y. Palm oil. **Inform**, Champaign, v.11, n.1, p.30-33, Jan, 2000
7. BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, 325 p. 1982.
8. BRENNAN, J.G. Texture perception and measurement. In: PIGGOTT, J. R. (Ed) **Sensory applied**. Science Publishers, 1984. p.59-91
9. BRANDT, M. A.; SKINNER, E. Z.; CONNAN, J. A. Texture profile method. **Journal of Food Science**. Chicago, v.28, p.404-409, 1963.
10. BRUNKHORST, H. Palma, melhor alternativa agrícola para Amazônia. **Óleos e Grãos**, nº 52, p.16, 2000
11. CIVILLE, G. V.; SZCZESNIAK, A. S. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal of Food Texture Studies**. V.4, p. 204-223, 1973.
12. COENEN, J. W. E. Hydrogenation of edible oils. **Journal of American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.53, n.6, p.382-389, June 1976.

13. Consejo De Promocion Del Aceite De Palma De Malasia, **Information y Antecedentes Básicos sobre el Aceite de Palma**, Malásia, 1991.
14. COTTRELL, J.I.L.; PASS, G.; PLILLIPS, G.O. Assessment of polysaccharides as ice-cream stabilisers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.30, n.11, p.1085-1088, Nov. 1979
15. DERNER, G.; GÓES, L. C. P. Cargill tecnologia de aplicação de gorduras vegetais hidrogenadas. In: 6º Congresso e Exposição Latinoamericano sobre Processamento de Óleos e Gorduras. **Anais**. Campinas: American Oil Chemists' Society, Sociedade Brasileira de Óleos e Gorduras, Universidade Estadual de Campinas. 1995 p. 95-97
16. ENIG, M.G. Trans fatty acids in diets and databases. **Cereal Foods World**. v. 41, p. 58-63, 1996.
17. ERICKSON, M. D. Interesterification. IN: ERICKSON, D. R. **Practical handbook of soybean processing and utilization**. Champaign: AOCS Press, 1995. chap.16, p.277-296.
18. FERRARI, R. A. **Estudo Comparativo da Composição Lipídica do Milho Híbrido Nutrimaiz com as Cultivares Genitoras**, Campinas, 1992. 115p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
19. FRITSCHÉ J.; STEINHART H. Analysis, occurrence, and physiological properties of trans acids (TFA) with particular emphasis on conjugated linolenic acid isomers (CLA) – a review. **Fett/Lipid**. 100, n.6, p.190-210. 1998
20. GIESE, J. Fats, oils and fat replacers: Fats and oils play vital functional and sensory roles in food products. **Food Technology**. Chicago, v.50, n.4, p.78-83, 1996
21. GRIMALDI, R. **Alternativas Tecnológicas para Produção de Gorduras Especiais**, Campinas, 1999. 162p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

22. GUNSTONE, F. D.; HARWOOD, J.L.; PADLEY, F.B. **The Lipid Handbook**. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1994. 551p.
23. GUNSTONE, F. D. Movements towards tailor-made fats. **Progress Lipids Research**. v.37, p.277-305, 1998.
24. GURR, M. Trans fatty acids and health – An update. **Lipid Technology**. v.2 p. 105-107, 1990.
25. HAUMANN, B. F. Tools: hydrogenation, interesterification. **Inform**, Champaign, v.5, n.6, p.668-678, jun., 1994
26. HAUMANN, B. F. Widening array of spreads awaits shoppers. **Inform**, Champaign, v.9, n.1, p.6-13, jan., 1998
27. IP. C.; MARSHALL, J. R. Trans fatty acids and cancer. **Nutrition Reviews**, v.54, n.5, p.138-145, maio, 1996
28. KRAMER, A. Food texture-definition, measurement and relation to other food quality attributes. In: KRAMER, A.; SZECZESNIAK, A. S. (Ed). **Textture measurements of foods**. Amsterdam: D. Reidel, 1973. chap.1. p. 1-9.
29. LANING, S. J. Chemical Interesterification of Palm, Palm Kernel and Coconut Oils. **Journal American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.62, n.2, p.400-405, 1985
30. LICHTENSTEIN, A. Trans fatty acids, blood lipids and cardiovascular risk : where do we understand. **Nutrition reviews**. v.51 p.340-343, 1993
31. LIDA, H. M. D. N.; ALI, A. R.Md. Physicochemical characteristics of palm-based oil blends for the production of reduced fat spreads. **Journal American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.75, n.11, p.1625-1636, 1998
32. LIST, G. R.; PELLOSO, T.; ORTHOEFER, F.; CHRYSAM, M.; MOUNTS, T. L. Preparation and properties of zero trans soybean oil margarines. **Journal American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.72, n.3, p.383 e 384, 1995
33. MARANGONI, A. G.; ROUSSEAU, D. Engineering triacylglycerols: the role of interesterification. **Trends in Food Science & Technology**, Champaign, v.6, out., p.329-335, 1985

34. MARSHALL, R. T.; ARBUCKLE, W. S. **Ice Cream** . 5 ed. Chapman & Hall, Nova Iorque 349 p. 1996
35. MATZ, S.A. **Bakery Technology and Engineering**. Westport : The Avi Publishing Company, 1960. 669p.
36. MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. 2. ed. Florida, USA. CRC Press. 1991. 354p.
37. MEISELMAN, H.L. Critical evaluation of sensory techniques. **Food Quality and Preference**, v.4, p.33-40, 1993.
38. MENSINK, R. P. Effects of fats and oils on risk factors for coronary heart disease. IN: 6º Congresso e Exposição Latinoamericano sobre Processamento de Óleos e Gorduras. **Anais**. Campinas: American Oil Chemists' Society, Sociedade Brasileira de Óleos e Gorduras, Universidade Estadual de Campinas. p. 95-97, 1995
39. PATTERSON, H. B. W. **Hydrogenation of fats and oils**. London: Applied Science Publishers, 1983. 310p.
40. PENFIELD M.P.; CAMPBELL, A.M. **Experimental food science**. 3ed. San Diego: Academic Press. 1990. 541p.
41. PETRAUSKAITE, V.; DE GREYT, W.; KELLENS, M.; HUYGHEBAERT, A. Physical and chemical properties of trans-free fats produced by chemical interesterification of vegetable oil blends. **Journal American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.75, n.4, p.489-493, 1998
42. RINGKASAN. Physical properties of palm oil in relation to food use. **Porim Bulletin**. Malasia n.2, p.13-24, maio, 1981.
43. ROZENAAL, A. Interesterification of oils and fats. **Inform**. Champaign, v.3, n.11, p.1232-1237, nov., 1992
44. ROUSSEAU, Interesterification. In: **Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology**. p. 252-298, 1997.
45. ROUSSEAU, D.; MARANGONI, G. A.; JEFFREY, R. K. – The influence of chemical interesterification on the physicochemical properties of complex fat

- systems. 2.Morfology and polymorfism. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.75, n.12, p.1833-1839, 1998
46. SIEW, W. L.; BERGER, K. G. Malasyan palm kernel oil chemical and physical characteristics. **Palm Oil Rsearch Institute of Malaysia**. Malásia, n.6, p.1-7, set.,1986
47. SONNTAG, N. Analytical methods. In: SWERN, D. **Bailey's industrial oil and fat products**. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 1986, v.3 cap.7, p.407-525.
48. SOYA Bluebook Plus 1998.**The annual directory of the world oilseed industry**. Bar Harbor, ME, USA, 1997.
49. SREENIVASAN, B. Interesterification of fats. **Journal of American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.55, n. 11, p.798-805, nov, 1978.
50. STAUFFER, C. E. Fats and oils in bakery products. **Cereal Foods World**. v.43, n.3, p.120-126, march, 1998
51. STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**, 2 ed. San Diego: Academic Press, Inc., 1993, 311 p.
52. SZCZESNIAK, A. S., BRANDT, M. A., FRIEDMAN, H. H. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlations between the objective and sensory methods of texture evaluation. **Journal of Food Science**, 1963, 28, 397-403.
53. YOUNG F. V. K.; POOT, C.; BIERNOTH, E.; KROG,E.; DAVIDISON, N. G. J.; GUNSTONE, F.D. Processing of fats and oils. In: GUNSTONE, F. D.; HARWOOD, J.L.; PADLEY, F.B. **The Lipid Handbook**. 2.ed. London/ Weinheim/ New York/ Tokio/ Melbourne/ Madras: Chapmen & Hall/ Glasgow: Blackie Academic & Professional,1994. Cap. 5, p.277-285

Anexo 1 – Composição de triacilgliceróis majoritários de PO

Grupos	Triacilglicerídeos	PO ¹ previsto por PC	PO ² HT-CGC
C48	PPP	6,5	9,6
C50	POP	28,8	24,7
	PLP	7,3	5,1
C52	POS	7,5	
	POS/PSS		6,8
	POO	20,7	23,1
	POL	10,6	10,1

1. TAG obtidos neste trabalho por programa de computador “Triglic” segundo Plonis (citado por Ferrari, 1992)

2. Dados obtidos por HT-CGC em GRIMALDI, 1999

Anexo 2 – Composição de triacilgliceróis majoritários de PKO

Grupos	Triacilglic.	PKO ¹ previsto por PC	PKO ² HT-CGC	PKO ³ HT-CGC	PKO ⁴ previsto por PC
C36	LaLaLa	12,1	14,2	14,7	13,4
C38	LaLaM	11,8	13,1	12,6	12,7
C40	LaLaP	7,2	10,8	8,0	10,3
C42	LaOLa	12,2	12,0	2,8	9,0
C44	LaOM	8,0		3,0	6,3
	LaOM/CyOO		7,1		

1. TAG obtidos neste trabalho por programa de computador “Triglic” segundo Plonis (citado por Ferrari, 1992)

2. Dados obtidos por HT-CGC em GRIMALDI, 1999

3. Dados obtidos por HT-CGC em ANTONIOSSI FILHO, 1995

4. Dados previstos pelo programa de computador em ANTONIOSSI FILHO, 1995

Anexo 3 – Conteúdo de gordura sólida (%) do óleo de palma antes e depois da interesterificação com diferentes concentrações de catalisador

		10° C	20° C	25° C	30° C	35° C	37,5° C	45° C
PO antes		46,68	24,62	14,84	8,52	4,13	2,59	0,36
PO + 0,4% cat.	20 min.	52,21	31,82	21,92	14,83	8,66	5,96	1,48
	30 min.	53,28	32,07	21,98	13,82	8,63	6,11	1,36
	40 min.	52,48	32,13	22,26	14,54	8,7	6,36	1,56
PO + 0,5% cat.	20 min.	52,43	30,79	21,01	12,8	8	6,1	1,01
	40 min.	52,25	30,68	21,18	12,56	7,57	6,09	0,83
	60 min.	52,23	31,19	21,52	12,78	8,37	6,47	1,15
PO + 0,6% cat.	20 min.	49,9	29,44	19,57	12,77	7,37	5,24	0,7
	30 min.	48,87	29,55	19,63	12,72	7,22	4,86	0,5
	40 min.	49,59	30,04	20,13	13,56	8,13	4,99	0,94

Anexo 4 – Conteúdo de gordura sólida (%) de PO/PKO interesterificado adicionado das respectivas quantidades (1 a 20%) de HSBO

Amostra	Temperatura (°C)								
	10	20	25	30	35	37,5	40	45	50
60/40	50,93	24,35	13,26	5,64	0,55	0,14	0,05	0,00	
60:40 1%	52,68	26,46	14,97	7,10	2,26		0,13	0,00	
60:40 2%	53,70	27,36	15,98	7,82	3,10		0,31	0,00	
60:40 3%	54,68	28,64	16,74	8,96	4,33		1,51	0,08	
60:40 4%	55,24	30,22	18,32	10,69	5,47		2,65	0,51	
60:40 5%	55,57	30,98	19,08	11,44	6,5	4,94	3,41	1,11	0,32
10%	58,94	36,49	25,45	17,72	12,3	10,03	7,51	4,87	2,49
15%	61,94	41,55	31,55	23,25	17,3	14,97	11,99	8,48	5,59
20%	64,71	46,44	36,7	29,09	22,98	19,79	16,86	13,12	8,86
80/20	51,26	27,54	17,34	10,08	4,25	1,97	0,19	0,00	
80:20 1%	52,94	29,50	18,96	11,56	5,52		1,06	0,09	
80:20 2%	53,73	30,87	20,53	12,73	6,78		2,15	0,08	
80:20 3%	54,61	32,23	21,76	13,76	8,31		3,45	0,05	
80:20 4%	55,37	33,51	22,86	15,09	9,26		4,42	0,29	
80:20 5%	55,97	34,66	24,17	16,7	10,65	8,16	5,46	1,47	0
10%	59,36	40,18	30,10	21,98	15,79	12,87	10,42	5,29	2,40
15%	61,91	45,26	35,39	27,77	21,13	17,71	14,64	8,66	5,59
20%	64,97	50,00	41,32	32,85	26,5	23,16	19,10	12,18	9,16

Anexo 5 – Conteúdo de gordura sólida de misturas de PO/PKO interesterificado adicionado de 5 - 20% de HSBO e de 1 - 5% de óleo de soja.

Temp.(C)	10	20	25	30	35	37,5	40
80:20							
5% + 2%	53,97	33,77	23,44	16,46	10,35	7,74	5,28
5% + 5%	51,97	32,62	22,58	15,70	10,33	7,49	5,10
10% + 1%	57,88	39,47	29,69	22,22	15,86	12,77	9,98
10% + 3%	56,74	39,05	29,35	21,95	15,61	12,96	10,31
10% + 4%	56,51	38,34	28,95	21,66	15,52	12,62	9,93
10% + 5%	55,70	38,35	28,97	21,60	15,47	12,58	10,21
20% + 1%	64,25	49,78	41,21	33,46	26,53	22,99	19,54
20% + 5%	61,61	48,08	40,06	32,48	25,95	22,73	18,92
60:40							
10% + 1%	57,82	35,89	24,93	17,43	11,99	10,00	8,06
10% + 3%	56,26	35,45	24,46	17,135	11,725	10,11	7,92
10% + 4%	55,50	34,98	24,37	17,33	12,12	10,24	7,91
10% + 5%	55,03	34,64	24,19	17,12	12,21	10,20	7,68
15% + 2%	60,13	41,07	30,97	23,55	17,75	15,00	12,13
15% + 5%	58,34	40,21	30,50	23,21	17,93	15,10	12,07

Anexo 6 – Número de provadores que atribuíram notas de 9 a 4 para as gorduras interesterificadas 60:40 e 60:40+3%HSBO

Amostras	Notas						Média
	9	8	7	6	5	4	
60:40	4	1	3	1	1		7,6
60:40+3%HSBO	1	2	1	4	1	1	6,1

Anexo 7 – ANOVA do volume específico de bolos

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Leitura	0,1099	8	0,0137	1,0884	3,4381
Amostra	0,00228	1	0,0023	0,1803	5,3176
Erro	0,10098	8	0,0126		
Total	0,21316	17			

Anexo 8 – ANOVA de Cor para o parâmetro L(bolos)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Leitura	0,0417	2	0,0209	0,0973	19,00
Amostra	0,2688	1	0,2688	1,2549	18,51
Erro	0,4284	2	0,2142		
Total	0,7390	5			

Anexo 9 – ANOVA do Perfil de Textura (bolos)

Anexo 9A. ANOVA do Perfil de Textura – Dureza (bolos)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Leitura	1946,8	8	243,34	0,1544	3,4381
Amostra	6241,1	1	6241,1	3,9607	5,3176
Erro	12606	8	1575,7		
Total	20794	17			

Anexo 9B. ANOVA do Perfil de Textura – Adesividade (bolos)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Leitura	8,6894	8	1,0862	0,7817	3,4381
Amostra	13,389	1	13,389	9,6357	5,3176
Erro	11,116	8	1,3895		
Total	33,194	17			

Anexo 9C. ANOVA do Perfil de Textura – Coesividade (bolos)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Leitura	0,001	8	0,0001	1,508	3,4381
Amostra	0,0001	1	0,0001	1,4218	5,3176
Erro	0,0007	8	8E-05		
Total	0,0018	17			

Anexo 9D. ANOVA do Perfil de Textura – Elasticidade (bolos)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Leitura	0,0002	8	3E-05	0,7524	3,4381
Amostra	6E-06	1	6E-06	0,1608	5,3176
Erro	0,0003	8	3E-05		
Total	0,0005	17			

Anexo 10 – Teste de Aceitação de Bolos**Anexo 10A. ANOVA do Teste de Consumidor – Aparência**

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Amostra	0,0143	1	0,0143	0,0389	4,13
Provdador	44,143	34	1,2983	3,5355	1,7721
Erro	12,486	34	0,3672		
Total	56,643	69			

Anexo 10B. ANOVA do Teste de Consumidor – Forma Geral

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Amostra	0,1286	1	0,1286	0,1954	4,13
Provdador	59	34	1,7353	2,6373	1,7721
Erro	22,371	34	0,658		
Total	81,5	69			

Anexo 10C. ANOVA do Teste de Consumidor – Sabor

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Amostra	0,2286	1	0,2286	0,2526	4,13
Provdador	58,371	34	1,7168	1,8969	1,7721
Erro	30,771	34	0,905		
Total	89,371	69			

Anexo 10D. ANOVA do Teste de Consumidor – Textura

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Amostra	3,2143	1	3,2143	1,9767	4,13
Provdador	50,771	34	1,4933	0,9183	1,7721
Erro	55,286	34	1,6261		
Total	109,27	69			

Anexo 11 – Teste de Aceitação para Sorvete**Anexo 11A. ANOVA do Teste de Consumidor – Aparência**

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Amostra	0,1	1	0,1	0,1089	4,0617
Provador	151,96	44	3,4535	3,7613	1,6509
Erro	40,4	44	0,9182		
Total	192,46	89			

Anexo 11B. ANOVA do Teste de Consumidor – Forma Geral

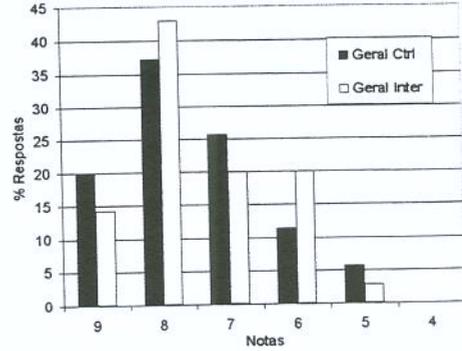
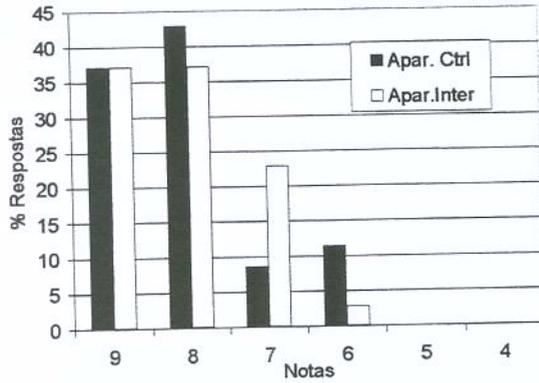
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Amostra	0,1	1	0,1	0,1606	4,0617
Provador	92,289	44	2,0975	3,3682	1,6509
Erro	27,4	44	0,6227		
Total	119,79	89			

Anexo 11C. ANOVA do Teste de Consumidor – Sabor

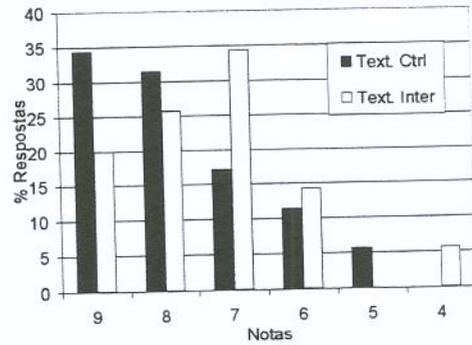
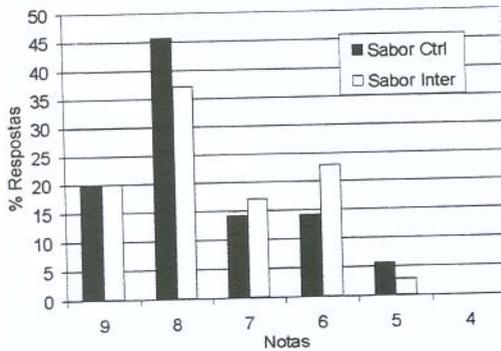
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Amostra	1,6	1	1,6	1,5856	4,0617
Provador	79,822	44	1,8141	1,7978	1,6509
Erro	44,4	44	1,0091		
Total	125,82	89			

Anexo 11D. ANOVA do Teste de Consumidor – Textura

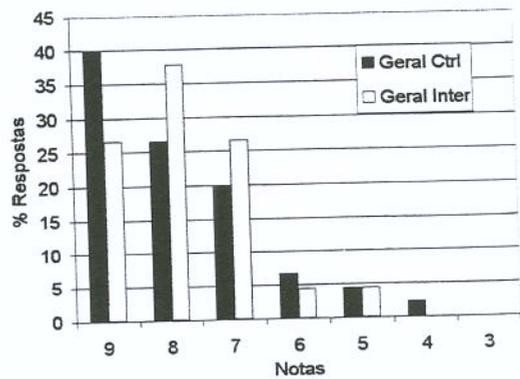
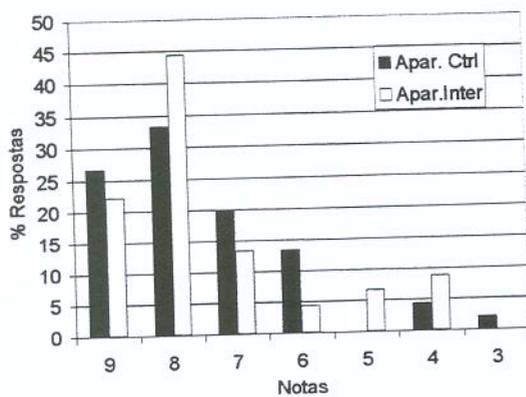
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Amostra	1,6	1	1,6	1,7868	4,0617
Provador	131	44	2,9773	3,3249	1,6509
Erro	39,4	44	0,8955		
Total	172	89			



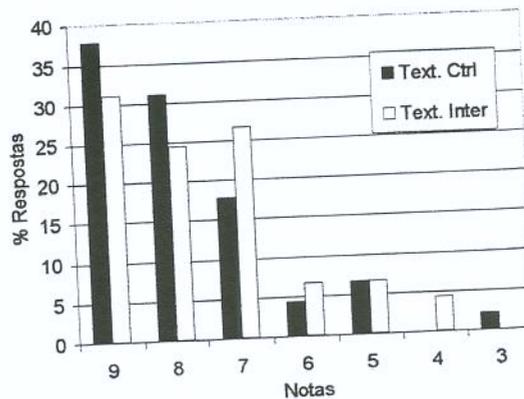
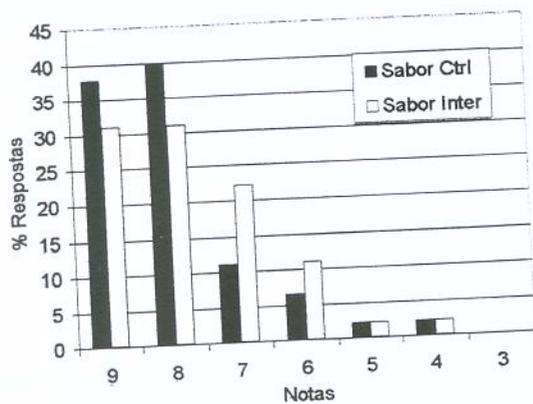
Anexo 12 – Frequência das notas dos provadores atribuídas as amostras de bolo padrão (ctrl) e experimental (inter) nos atributos de Aparência e Forma geral



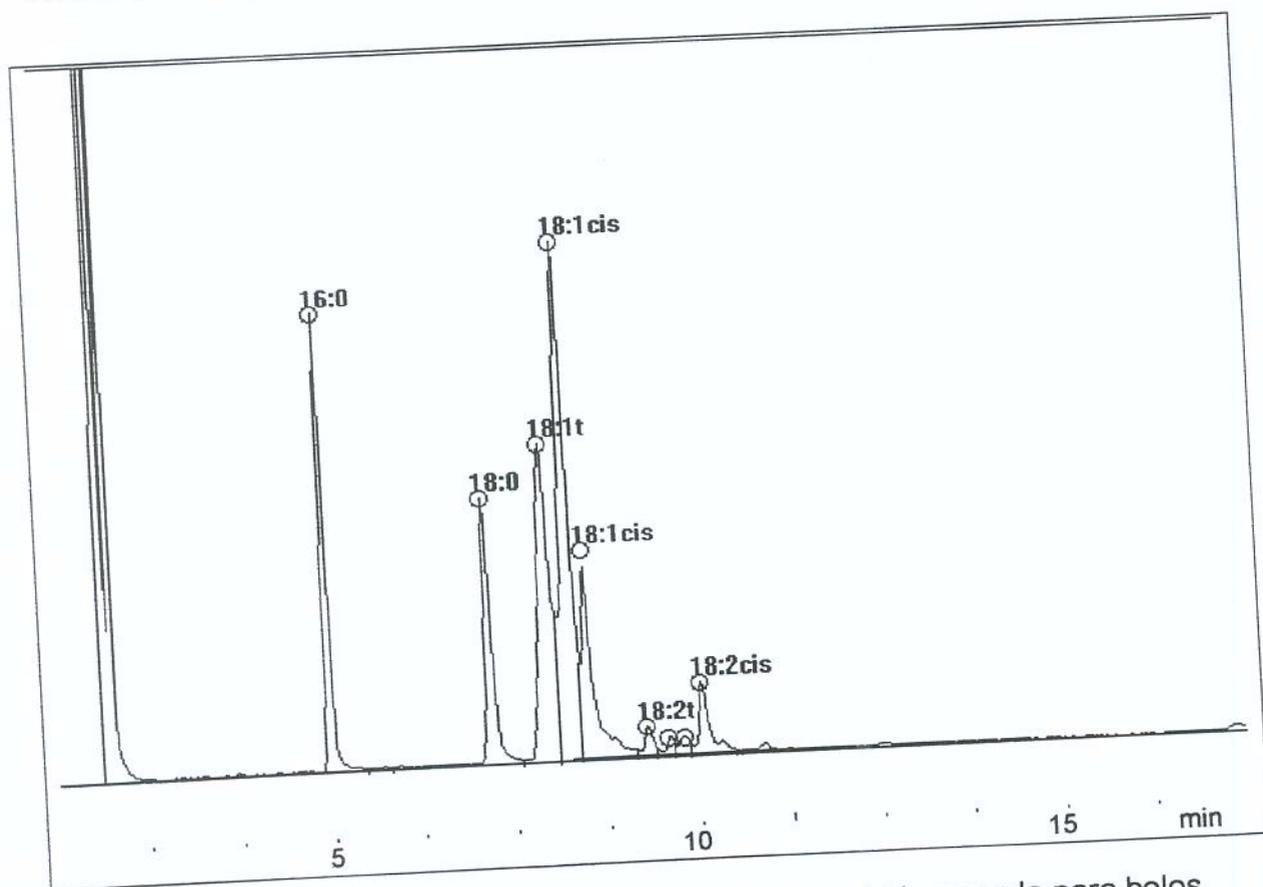
Anexo 13 – Frequência das notas dos provadores atribuídas as amostras de bolo padrão (ctrl) e experimental (inter) nos atributos de Sabor e Textura



Anexo 14 – Frequência das notas dos provadores atribuídas as amostras de sorvete padrão (ctrl) e experimental (inter) nos atributos de Aparência e Forma geral



Anexo 15 – Frequência das notas dos provadores atribuídas as amostras de sorvete padrão (ctrl) e experimental (inter) nos atributos de Sabor e Textura



Anexo 16 – Composição em ácidos graxos da gordura hidrogenada para bolos.

