



**FRACIONAMENTO DA GORDURA
DO LEITE PARA UTILIZAÇÃO NA
FABRICAÇÃO DE PÃO DE QUEIJO**

ANTÔNIO ROMANIELLO NETO

2000

49380

MFN39588

ANTÔNIO ROMANIELLO NETO

**FRACIONAMENTO DA GORDURA DO LEITE PARA UTILIZAÇÃO
NA FABRICAÇÃO DE PÃO DE QUEIJO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Química, Físico-Química e Bioquímica de Alimentos, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Luiz Ronaldo de Abreu

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2000

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Romaniello Neto, Antônio

**Fracionamento da gordura do leite para utilização na fabricação de pão de
queijo / Antônio Romaniello Neto. -- Lavras : UFLA, 2000.**

60 p. : il.

Orientador: Luiz Ronaldo de Abreu.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

**1. Fracionamento. 2. Gordura do leite. 3. Gordura fracionada. 4. Ácido graxo.
5. Polvilho. 6. Pão de queijo. 7. Anáse sensorial. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.**

CDD-664.7523

-641.815

-637.14

ANTÔNIO ROMANIELLO NETO

**FRACIONAMENTO DA GORDURA DO LEITE PARA UTILIZAÇÃO
NA FABRICAÇÃO DE PÃO DE QUEIJO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Química, Fisico-Química e Bioquímica de Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 29 de abril de 2000

Prof. Rosemary G.F.A. Pereira

UFLA

Prof. Leorges Moraes da Fonseca

UFMG


Prof. Luiz Ronaldo de Abreu

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

Aos meus pais,

Thelde e Gilda.

A minha esposa, Ana Beatriz.

Aos meus filhos, João Antônio e Danton.

A minha irmã, Ana Helena e cunhados.

A minha sogra, Marlene e

Ao meu sogro, Arnaldo.

DEDICO

"Deus é forte,

Ele é grande,

e quando Ele quer

não tem quem não queira."

Ayrton Senna da Silva

"Nunca ande pelo caminho traçado,

pois ele conduz somente

até onde os outros foram."

Alexandre Graham Bell

AGRADECIMENTOS

A Deus, presente em todos os momentos.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciências dos Alimentos, pela oportunidade de realização do curso.

A CAPES e FAPEMIG, pela concessão de bolsas de estudo.

Ao Professor Luiz Ronaldo de Abreu, pela orientação, auxílio, compreensão, convívio e amizade.

À Professora Rosemary G. F. A. Pereira, pela co-orientação e auxílio na produção e análises do pão de queijo.

Ao professor Chefe do Departamento, Paulo Roberto Clemente, por ceder o Laboratório de Análise Sensorial e auxílio na condução do trabalho.

Às Professoras Fátima Pícolo Barcelos e Eliana Pinheiro de Carvalho pela iniciação científica e a todos os professores do curso, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários, Maria Aparecida (Cidinha), Gicelda, Andréa, Sr. Miguel, Constantina (Tina), Sandra e Cleuza, pela colaboração e alegre convivência.

Aos provadores nas análises sensoriais, Alexandre, Celso, Cristiane, Prof. Eduardo, Gaby, Gicelda, Giuliano, Larissa, Margarita, Sandra(Lab.), Sandra Maria Pinto e Constantina (Tina), pois, sem eles o trabalho não seria possível.

Aos colegas, Celso José de Moura, Sandra Maria Pinto, Fernando Antônio Magalhães e Alexandre Tourino, pelo auxílio ao desenvolvimento do trabalho.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|---------------|
| RESUMO | i |
| ABSTRACT | ii |
| 1 INTRODUÇÃO | 01 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 03 |
| 2.1 Ácidos graxos da gordura do leite (saturados X insaturados) | 03 |
| 2.2 Gordura anidra de leite (ou <i>Butteroil</i>) | 07 |
| 2.2.1 Composição e requisitos | 08 |
| 2.2.1.1 Composição | 08 |
| 2.2.1.2 Requisitos | 08 |
| 2.3 Processo de fracionamento da gordura do leite | 09 |
| 2.3.1 Processos físicos | 09 |
| 2.3.1.1 Fracionamento a seco | 09 |
| 2.3.1.2 Fracionamento por destilação curta | 10 |
| 2.3.1.3 Fracionamento pelo uso de fluidos supercríticos | 10 |
| 2.3.1.4 Fracionamento por cristalização usando solvente | 11 |
| 2.3.2 Processos químicos e enzimáticos | 11 |
| 2.4 Aplicação das frações da gordura do leite em alimentos | 12 |
| 2.5 O pão de queijo | 13 |
| 2.5.1 O processo de fabricação do pão de queijo | 14 |
| 2.6 O escaldamento do polvilho azedo | 15 |
| 2.7 A gordura em produtos de polvilho azedo | 20 |
| 2.8 Análise sensorial | 20 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 25 |
| 3.1 Análises físico-químicas do polvilho azedo, polvilho doce e da farinha de milho, utilizados na fabricação do pão de queijo | 25 |
| 3.1.1 pH | 25 |

| | |
|--|----|
| 3.1.2 Acidez titulável..... | 25 |
| 3.1.3 Cinzas | 25 |
| 3.1.4 Umidade..... | 25 |
| 3.2 Transformação da manteiga em butteroil..... | 26 |
| 3.3 Obtenção da gordura anidra do leite (<i>Butteroil</i>)..... | 26 |
| 3.4 Fracionamento da gordura anidra (<i>Butteroil</i>)..... | 26 |
| 3.5 Análise do perfil dos ácidos graxos das frações de gordura | 29 |
| 3.5.1 Obtenção dos ésteres metílicos dos ácidos graxos..... | 29 |
| 3.5.2 Análise por cromatografia em fase gasosa | 30 |
| 3.6 Fabricação do pão de queijo..... | 30 |
| 3.7 Análises da composição do pão de queijo..... | 32 |
| 3.7.1 Umidade..... | 32 |
| 3.7.2 Cinzas | 32 |
| 3.7.3 Lipídeos..... | 32 |
| 3.7.4 Proteína | 32 |
| 3.8 Avaliação sensorial..... | 32 |
| 3.8.1 Seleção de provadores | 33 |
| 3.8.2 Treinamento dos provadores selecionados..... | 35 |
| 3.8.3 Avaliação sensorial pelo método triangular | 36 |
| 3.8.4 O teste de preferência | 39 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 40 |
| 4.1 Composição da farinha e polvilhos utilizados nas fabricações do pão de queijo..... | 40 |
| 4.2 Rendimento da manteiga em <i>butteroil</i> | 41 |
| 4.3 Concentração dos ácidos graxos presentes na gordura fracionada de leite .. | 42 |
| 4.4 Ácidos graxos de cadeia curta x ácidos graxos de cadeia longa..... | 43 |
| 4.5 Ácidos graxos de cadeia longa insaturada x saturada | 44 |
| 4.6 Composição centesimal do pão de queijo | 46 |

| | |
|---|----|
| 4.7 Resultado de análise sensorial dos pães de queijo elaborados com gordura fracionada | 47 |
| 4.7.1 Teste triangular | 47 |
| 4.7.2 Atributos sensoriais do pão de queijo | 48 |
| 4.7.3 Teste de preferência | 49 |
| 5 CONCLUSÕES | 50 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 51 |
| ANEXOS | 57 |

RESUMO

ROMANIELLO Neto, A. **Fracionamento da gordura do leite para utilização na fabricação de pão de queijo**. Lavras: UFLA, 2000. 60 p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos)¹

O presente trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Laticínios de Grãos e Cereais e de Análise Sensorial, do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Foram analisadas três temperaturas de fracionamento da gordura anidra do leite (*Butteroil*), 28°C, 25°C e 22°C, tendo como controle a gordura integral. As gorduras foram submetidas ao método de fracionamento a seco, com o objetivo de concentrar os ácidos graxos de cadeia curta para conferir sabor e aroma, "*flavor*" e "*mouthfeel*" ao pão de queijo com ela elaborado. Para se conhecer o perfil dos ácidos graxos presentes em cada gordura fracionada, foi realizada a análise de cromatografia em fase gasosa, sendo que, quanto menor a temperatura de fracionamento utilizada, maior foi a concentração dos ácidos graxos de cadeia curta e cadeia longa insaturada, com conseqüente diminuição na concentração dos ácidos graxos saturados de cadeia longa. O pão de queijo elaborado com as diferentes frações de gordura foi submetido à análise de sua composição química e ao teste triangular de análise sensorial, observando-se que nenhuma das frações de gordura pôde ser considerada semelhante ao controle. Somente as frações 25°C e 28°C foram iguais entre si, tendo diferenciado de todas as outras a fração a 22°C, a qual também foi a fração que obteve preferência entre os provadores, tendo sido eleita para se estudar os atributos sensoriais. A utilização de gordura do leite fracionada mostrou-se uma técnica viável na obtenção de produtos de qualidade.

¹ Comitê Orientador: Luiz Ronaldo de Abreu -UFLA (Orientador), Rosemary G. F. A. Pereira - UFLA (co-orientadora), Leorges Moraes da Fonseca - UFMG

ABSTRACT

ROMANIELLO Neto, A. Fractionation of milkfat to be utilized in the manufacture of "cheese dough bread". Lavras: UFLA, 2000. 60 p. (Dissertation - Master in Food Science)²

This study took place at the laboratories of Dairy, Grains and Cereals technology, and Sensory Evaluations of the Food Science Department at the Federal University of Lavras. Three temperatures were used in the process of fractionation of milkfat (28, 25 and 22 Celsius degrees). The milkfat was submitted to the dry fractionation technique, in order to concentrate both short and unsaturated fatty acids, being the former being, an important group of flavorful compounds. Presumably, the use of such fat as an ingredient in the manufacture of "pão de queijo" would enhance both its flavor and mouthfeel properties. In order to obtain information concerning the fatty acids profile of each fraction, a very sensitive chromatographic method was utilized. As expected the lower the fractionation temperature the higher the concentration of both short and unsaturated fatty acids of the fraction; Oppositely, the concentration of long-chain saturated fatty acids had their concentration decreased. The "pães de queijo" manufactured with those fractions were submitted to a sensory panel evaluation in which products elaborated with different fractions were analysed and compared to a control: The fraction obtained at 25° C had the same acceptance as the one at 28° C, and both had different acceptance when compared to the fraction obtained at 22° C. The last fraction (22° C) had the best preference by the panelists, and was utilized to be evaluated in the sensory attributes study. The utilization of milkfat fractions proved to be a viable technique to be employed in the manufacture of "pão de queijo" and similar products.

² Guidance Committee: Luiz Ronaldo de Abreu -UFLA (Major Professor), Rosemary G. F. A. Pereira - UFLA, Leogers Moraes da Fonseca - UFMG.

1 INTRODUÇÃO

O flavor de um alimento é uma resposta integrada, envolvendo contribuintes principais das sensações de aroma e sabor, sendo que a cor e a textura podem também modificar a avaliação subjetiva global de um flavor particular. De maneira geral, considera-se que o odor ou aroma seja o mais importante fator isolado a contribuir para o flavor característico na maioria dos alimentos.

A gordura do leite de ruminantes é caracterizada pela presença de quantidades substanciais de ácidos graxos de cadeia curta (C_4 a C_8), diferenciando-a dos outros tipos de gorduras. Os ácidos graxos de cadeia curta são os compostos que mais contribuem para o flavor nos produtos lácteos e nos produtos em que a gordura do leite é utilizada como ingrediente.

Somente as formas protonadas (hidrogenadas) dos ácidos graxos são voláteis, assim, o pH do alimento ou meio afeta a concentração das moléculas de ácidos graxos capazes de contribuir para o aroma dos produtos. À medida que o pH abaixa, a concentração mínima para percepção do ácido graxo diminui, até um ponto em que todas as moléculas são convertidas em suas formas protonadas. Portanto, os ácidos graxos de cadeia curta se tornam muito importantes para o aroma na maioria dos alimentos que possuem um pH relativamente baixo.

Em muitos países da Europa e nos Estados Unidos, a utilização de gordura do leite contendo maior concentração desses ácidos graxos está ocorrendo de forma crescente em produtos de padaria e em produtos extrudados, aumentando consideravelmente a sua aceitação destes produtos pelos consumidores. No Brasil, essa prática é adotada em escala muito reduzida e

somente por algumas indústrias multinacionais que importam esse tipo de gordura de suas matrizes.

Dentre os produtos brasileiros, aqueles elaborados com o polvilho azedo parecem ser os mais propícios para a utilização desse tipo de gordura. O polvilho azedo é um produto obtido da fermentação da fécula de mandioca, extraída por processos que variam de artesanais, bastante rústicos, àqueles de médias a grandes indústrias. As indústrias de polvilho se encontram nos estados de Minas Gerais, Santa Catarina, Paraná e São Paulo, com maior volume de produção no estado de Minas Gerais, principalmente nas regiões de Divinópolis e Pouso Alegre, onde 107 e 69 fábricas, respectivamente, com capacidade diária de processar 1 a 120 toneladas de raízes por dia, já foram cadastradas pela EMATER-MG.

O processo de produção do polvilho, qualquer que seja o nível técnico da indústria, se baseia nas seguintes etapas: lavagem e descascamento, ralação, extração quando se separa o leite de fécula da massa, purificação da fécula, fermentação e secagem. Durante a fermentação da fécula ocorre redução de pH do meio, o qual se estabiliza em torno de 3,0. Assim, o polvilho pode ser considerado como um meio propício à manutenção dos ácidos graxos sob a forma protonada, contribuindo para o flavor peculiar do produto com ele elaborado, Cereda e Giaj-Levra (1987)

Dentre os produtos de polvilho azedo, o pão de queijo e o biscoito são os mais consumidos na região sul de Minas Gerais.

OBJETIVO GERAL

Tendo em vista tratar-se de produtos relacionados à cultura, hábitos alimentares e econômicos, o objetivo deste trabalho é obter frações de gordura do leite com alta concentração de ácidos graxos de cadeia curta para posterior utilização na fabricação de produtos elaborados com polvilho azedo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar dentre os métodos de fracionamento de gordura, aquele mais viável às nossas condições.
- b) Eleger a melhor fração da gordura para serem utilizadas com o polvilho azedo.
- c) Estabelecer os níveis viáveis dessa gordura para a fabricação de pão de queijo.
- d) Encontrar a melhor formulação e maneira para se fabricar esses produtos com o novo ingrediente.
- e) Avaliar a aceitabilidade do pão de queijo manufaturado com gorduras fracionadas pelo consumidor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nos últimos anos, o investimento em pesquisa tem gerado tecnologia objetivando modificações da gordura do leite para atender às exigências do mercado. Essas tecnologias têm concentrado esforços no isolamento de componentes e entendimento das propriedades químicas e físicas dessa gordura, visando basicamente buscar uma maior diversidade para seu uso e, conseqüentemente, um mercado mais abrangente.

2.1 Ácidos graxos da gordura do leite (saturados X insaturados)

Os lipídeos do leite dos ruminantes são caracterizados pela presença de ácidos graxos cadeia curta ($C_4 - C_6$) e de cadeia média ($C_8 - C_{12}$), muitos dos quais pertencem à categoria de cadeias ramificadas e com número ímpar de

carbono. Para maior compreensão, a figura 1 ilustra a estrutura química do glicérido.

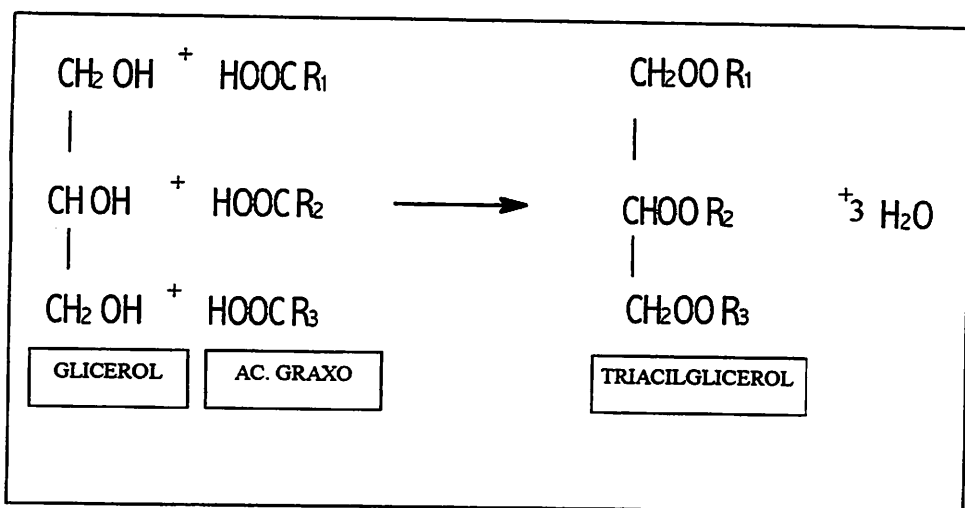


FIGURA 1. Estrutura química do triacilglicerol

Estes ácidos graxos são compostos que conferem aroma a muitos produtos lácteos, especialmente em queijos, contribuindo significativamente para o “flavor” desse produto. Os ácidos graxos de cadeia curta ou média também conferem grande parte do aroma distinto fornecido pela gordura do leite nos produtos lácteos e em alimentos onde a gordura do leite é utilizada como ingrediente funcional. A gordura do leite de ruminantes contém substancial quantidade de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), tornando-a única quando comparada com outras gorduras. Os AGCC são um dos mais importantes grupos de compostos aromáticos em produtos lácteos e especialmente importantes para o aroma de queijos.

Devido ao potente aroma dos ácidos graxos de cadeia ramificada, existe interesse considerável na manipulação de suas concentrações na gordura do leite. É bem conhecido que todos os ácidos graxos entre 4 e 12 carbonos na cadeia são sintetizados pelas células epiteliais dos alvéolos da glândula mamária

a partir dos precursores derivados do plasma sanguíneo. Esses precursores de ácidos graxos podem derivar diretamente da dieta, sintetizados pelos microorganismos do rúmen ou de mobilização dos locais de armazenamento de gordura do organismo. Assim, a manipulação da dieta de vacas leiteiras pode ser um meio importante de alterar a concentração desses ácidos graxos no leite.

Óleos e gorduras constituem parte do triângulo da dieta humana, sendo as outras duas partes representadas pelas proteínas e carboidratos. As concepções sobre a importância dos óleos e gorduras na alimentação humana sofreram contínuas mudanças durante os últimos cinquenta anos. Keyes et al. (1957), afirmavam que os ácidos graxos saturados elevavam os níveis de colesterol no sangue, enquanto que os poliinsaturados exerciam um efeito oposto, porém, em 1989, Shorland informou que o ácido esteárico, cujo ponto de fusão é o mais alto dentre os ácidos saturados comuns, não produz colesterol, pois quando ingerido ele se transforma e passa a ácido oléico, que possui uma dupla ligação e não participa da produção de colesterol no organismo humano. Entretanto, com os ácidos palmítico, mirístico e láurico isto não ocorre e o consumo deve ser restrito.

A gordura do leite possui altas concentrações de ácidos graxos saturados (Tabela 1), sendo que a principal fração lipídica do leite bovino é constituída por triacilglicerol (98%) e, portanto, tem sido extensivamente investigada com relação aos tipos e quantidades de ácidos graxos presentes e em relação à distribuição estereoespecífica no esqueleto de glicerol. Gresti (1993), afirma que os triacilgliceróis do leite bovino contém 13 principais ácidos graxos saturados com número par de átomos de carbono, de cadeia curta (C4:0 a C10:0), de cadeia média (C12:0) e cadeia longa (C14:0 a C18:0) e ácidos graxos de cadeia longa e insaturada (C14:1, C16:1, C18:1 e C18:2). Estes constituem cerca de 95% do total dos ácidos graxos do leite, sendo que os 5% restantes, são de ácidos graxos de cadeia com número ímpar de carbono.

TABELA 1 Composição de ácidos graxos como referência na gordura do leite

| Ácido graxo | (g/100 g) |
|-------------|-----------|
| C4:0 | 3,32 |
| C6:0 | 2,34 |
| C8:0 | 1,19 |
| C10:0 | 2,81 |
| C12:0 | 3,39 |
| C14:0 | 11,41 |
| C14:1 | 2,63 |
| C16:0 | 29,53 |
| C16:1 | 3,38 |
| C18:0 | 9,84 |
| C18:1 | 27,39 |
| C18:2 | 2,78 |

Médias de medidas de 50 laticínios em 10 regiões dos Estados Unidos em fevereiro, maio, agosto e novembro. (Palmquist, Beaulieu e Barhand, 1993)

A gordura do leite é a mais complexa de todas as gorduras e óleos naturais. Ela é uma mistura de triglicerídeos, de peso molecular muito variável e com números de carbono entre 24 a 54 e ainda possui moderada quantidade de colesterol. Sua complexa composição em ácidos graxos com diferentes tamanhos de cadeia, grau de insaturação e distribuição estereoespecífica reflete diretamente no seu ponto de liquefação. À temperatura ambiente (20°C), a gordura do leite é uma mistura de óleo, gordura semi-dura e dura. Seu ponto de fusão inicia-se a -30°C e se completa a 40°C, Boudreau e Arul (1993).

De acordo com Kaylegian, Hartel e Lindsay (1993), a expansão do uso de gordura "in natura" do leite é frequentemente inibida por causa de sua incompatibilidade com outros ingredientes. Para esses autores, tal

comportamento se deve basicamente às propriedades inerentes da gordura do leite, tais como composição química e flavor, propriedades físicas e efeito da cristalização e, ainda, pelas interações entre a gordura do leite e outros constituintes do alimento tais como gordura, ar, água e outros sólidos.

Phillips et al, 1995 afirmam que a funcionalidade da gordura do leite é limitada devido aos seus extremos valores de temperaturas de liquefação (-40°C a 40°C) e a separação em frações com ponto de liquefação mais definido aumentaria seu valor de mercado.

A gordura do leite é completamente sólida a -40°C estando em estado líquido a 40°C, e apresentando uma mistura de sólido e líquido em temperaturas intermediárias. Essa gordura pode ser classificada em três grupos principais, quanto ao seu ponto de fusão:

- glicerídeos de baixo ponto de fusão, os quais fundem em temperaturas abaixo de 10°C.
- glicerídeos com ponto de fusão médio, que fundem entre 10° e 20° C.
- glicerídeos de alto ponto de fusão, os quais fundem em temperaturas acima de 20° C.

2.2 Gordura anidra do leite (ou *Butteroil*)

Entende-se por gordura anidra do leite (ou *butteroil*), o produto gorduroso obtido a partir do creme ou manteiga, pela eliminação quase total de água e sólidos não gordurosos, mediante processos tecnologicamente adequados.

2.2.1 Composição e requisitos

2.2.1.1 Composição

a) Ingredientes obrigatórios

Creme obtido a partir de leite de vaca e/ou manteiga.

2.2.1.2 Requisitos

a) Características sensoriais

| | |
|----------------|---|
| Aspecto: | a 35 - 40°C, líquido viscoso, isento de cristais |
| Cor: | amarelada |
| Sabor e aroma: | próprio, não rançoso, isento de sabores e/ou odores estranhos ou desagradáveis. |

b) Características físico-químicas

Os requisitos de qualidade da gordura anidra do leite para comercialização estão descritos na Tabela 2.

TABELA 2 Requisitos de qualidade da gordura anidra do leite *butteroil*

| Requisitos | Limite |
|---|------------|
| Matéria gorda (g/100g de amostra) | mín. 99,7% |
| Umidade (g/100g de amostra) | máx. 0,2% |
| Índice de peróxido (meg/kg matéria gorda) | máx 0,35% |
| Acidez na gordura (g de ácido oleico/100g de gordura) | máx. 0,4% |

O Brasil é um produtor bastante incipiente de gordura anidra de leite, apesar de ser um razoável utilizador. O abastecimento do mercado interno se dá por meio de importações do Mercosul ou de outros países.

Como aspecto a ressaltar em relação aos aditivos, temos a proibição de uso dos antioxidantes, ou de qualquer outro aditivo quando o *butteroil* for utilizado em produtos lácteos (Nova Legislação ..., 1998).

2.3 Processos de fracionamento da gordura do leite

O fracionamento da gordura do leite em frações líquidas e sólidas, as quais diferem muito entre si em composição química e características físicas, aumenta largamente sua utilização em diversos alimentos. Dentre os métodos mais conhecidos para tal fim, os mais empregados comercialmente passarão a ser descritos a seguir:

2.3.1 Processos físicos

2.3.1.1 Fracionamento a seco

Como o ponto de fusão da gordura do leite varia de -30° a 40°C , é possível remover uma dada fração específica de triglicerídeos, cristalizada em uma temperatura abaixo de seu ponto de fusão. O tamanho desses cristais é selecionado pelo controle da temperatura e eles são separados da fase líquida por filtração ou centrifugação, Black, Bergman e Hartman (1975). Dessa forma, os triglicerídeos formados por ácidos graxos de cadeia mais curta e os de cadeia longa insaturados serão concentrados na fração líquida, tornando-a mais rica em flavor, pigmentos e vitamina A. Tal processo permite a obtenção de uma a cinco frações de gordura em temperaturas variando de 2° a 40°C , Boudreau e Arul (1993). As frações da gordura do leite obtidas dessa forma podem ser utilizadas como tal ou combinadas em várias proporções para uso como ingredientes em várias formulações alimentares.

O maior problema desse método é o longo tempo requerido para a obtenção das frações (8 a 10 horas para cada fração), além do fato de a concentração de ácidos graxos livres e peróxidos ser maior nas frações líquidas

com ponto de fusão mais baixo, o que poderia prejudicar a conservação do produto obtido.

Vários fatores afetam o processo de fracionamento: a temperatura de resfriamento, taxa de resfriamento, geometria dos cristais, eficiência da separação e composição da gordura do leite. O fracionamento a seco é o mais apropriado meio de se produzir frações de gordura do leite com composição química e propriedades físicas modificadas para um determinado fim, ao mesmo tempo que mantém seu característico *flavor* de manteiga. Acima de 800 toneladas/dia de gordura do leite são comercialmente fracionadas na Europa, Japão, Austrália e Nova Zelândia, sendo empregadas em diversas aplicações em alimentos, Boudreau e Arul (1993).

2.3.1.2 Fracionamento por destilação curta

Esse processo é bem conhecido e consiste na evaporação de moléculas pelo uso do vácuo. O controle é feito pela taxa de evaporação das moléculas na superfície quente e recebimento das mesmas na superfície de resfriamento. Uma das desvantagens desse processo é que a gordura do leite requer uma alta temperatura para entrar em ebulição, devido ao elevado ponto de ebulição de seus triglicerídeos. Desse modo, os triglicerídeos podem ser decompostos ou polimerizados, mesmo quando o processo for conduzido a vácuo. Além disso esse processo é mais caro e mais difícil de ser controlado, Boudreau e Arul (1993).

2.3.1.3 Fracionamento pelo uso de fluidos supercríticos

As densidades dos gases supercríticos são similares às dos líquidos, o que transforma esses gases em eficientes solventes. Essa propriedade e o alto poder de difusão desses gases (devido à sua baixa viscosidade) tornam esse método muito atrativo para o processo de fracionamento da gordura do leite. A obtenção de frações da gordura do leite pelo uso de fluido supercrítico envolve o

fenômeno de destilação e extração simultaneamente. Entre os gases utilizados, o CO₂ é o que se apresenta com maiores vantagens, pois é um solvente relativamente fraco para substâncias não polares, não reage quimicamente com os constituintes alimentares, não é tóxico, não requer processamento adicional para a remoção de resíduos e é disponível em grande quantidade a preço relativamente baixo, Kaylegian e Lindsay (1994). Entretanto seu uso requer equipamento relativamente caro e de manuseio complicado, exigindo pessoal treinado para sua operação.

2.3.1.4 Fracionamento por cristalização usando solvente

O fracionamento por cristalização da gordura do leite em solventes orgânicos, como acetona, é comumente empregado em laboratório. A separação dos cristais de gordura do solvente é facilmente conduzida e a fração obtida pode ser facilmente recristalizada e purificada. Entretanto esse processo não tem encontrado aplicação industrial por provocar perdas de compostos aromáticos, alterar pigmentos e deixar resíduos de solventes na fração de gordura, Kaylegian e Lindsay (1994).

2.3.2 Processos químicos e enzimáticos

Hidrogenação e interesterificação de vários óleos e gorduras, utilizando catalizadores químicos são largamente utilizados na manufatura de margarina e gorduras para confeitarias. Entretanto, parece haver pouco futuro para o aumento de gorduras saturadas por meio de hidrogenação, dado o alto grau de rejeição pelo consumidor de gorduras saturadas.

Por outro lado, há grandes perspectivas futuras para o tratamento da gordura do leite com enzimas desnaturases (dehidrogenase) ou lipases (interesterificação). A co-esterificação de gordura do leite com óleos vegetais, como o de soja, tem sido estudada e oferece potencial benefício de modificar as

propriedades físicas e aumentar o conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados da mistura, Boudreau e Arul (1993).

2.4 Aplicação das frações da gordura do leite em alimentos

A seleção de gordura ou óleo utilizados como ingredientes é feita baseando-se em suas características funcionais, econômicas e em sua aceitação pelo consumidor. Gorduras e óleos funcionam de formas variadas nos alimentos e a escolha para uma dada utilização depende de vários fatores: por que está sendo usada, como vai ser usada e as modificações que causará no produto final. Por exemplo, uma gordura manipulada para ser utilizada em produtos de padaria terá diferentes requerimentos daquela utilizada para frituras. Os atributos de uma gordura utilizada em produtos de padaria estão fortemente relacionados com suas propriedades físicas funcionais (fase sólida) e incluem firmeza, plasticidade e aroma. Os atributos requeridos para a utilização de gordura para frituras estão relacionados com sua fase líquida e suas características químicas que incluem transferência de calor, além da qualidade de sabor e aroma conferido ao alimento a ser frito. Gorduras e óleos são utilizados em alimentos para promover várias características funcionais:

a) Durante a elaboração e tratamento térmico:

- formação da estrutura;
- lubrificação;
- firmeza;
- aeração;
- plasticidade;
- aumento de fluxo;
- viscosidade;
- melhoria das soluções ;
- melhoria da "liga" da massa ;
- melhoria das dispersões ;
- facilita a inclusão de outros ingredientes ;
- transferência de calor ;
- melhoria das características de superfície.

b) No produto final:

- formação da estrutura ;
- atributos sensoriais;
- melhoria da textura;
- contribui para o "*flavor*";
- contribui para a firmeza ;
- contribui para a maciez;
- melhora a aparência;
- contribui para a "*spreadability*";
- pseudo-umidade;
- contribui para o "*mounthfeel*".

O preço de uma gordura utilizada como ingrediente em um alimento é também um fator importante a ser considerado. Uma gordura pode ter propriedades ideais, mas não ser competitiva em preço, não sendo, portanto, ingrediente viável para uma dada utilização. A gordura do leite é relativamente cara quando comparada com óleos vegetais e, conseqüentemente, seu uso será comercialmente restrito àqueles produtos que serão beneficiados pelo seu distinto sabor e aroma.

2.5 O pão de queijo

O pão de queijo é um produto tradicional de Minas Gerais, tendo como matéria-prima básica o polvilho azedo, mas em algumas formulações, utiliza-se também o polvilho doce, ocasionando algumas variações nas características sensoriais do produto final.

Na produção de polvilho azedo, a fécula de mandioca (*Manihot esculenta crantz*) é fermentada em tanques sob uma camada de água. Esta fermentação confere sabor e odor característicos ao polvilho e causa alterações em suas propriedades físico-químicas.

Chuzel (1991) e Cereda (1983) relatam também que, para o usuário, a principal qualidade do polvilho azedo é seu poder de expansão durante o forneamento. Porém, este inchamento é uma função, não só do polvilho, mas também do queijo, ingredientes como ovos, leite, água e sal, consistência e

textura da massa, além da forma dos pães de queijo, condições de forneamento, entre outros.

Cereda (1983), com o objetivo de minimizar os efeitos de ingredientes na expansão dos biscoitos no forno, procurou estabelecer uma fórmula básica para o biscoito de polvilho, à semelhança do que já existe para a panificação experimental, com menor número de ingredientes. A fórmula que apresentou melhor característica, para uso experimental em laboratório foi a seguinte: polvilho azedo, 48%; gordura vegetal hidrogenada, 12%; sal, 2% e água ao redor de 38%. A quantidade de água é variável em função da porcentagem de absorção de água do polvilho.

2.5.1 O processo de fabricação do pão de queijo

Não existe um processo padronizado para a produção do pão de queijo. O fluxograma básico de produção, segue algumas etapas básicas como escaldamento do polvilho, mistura, modelagem, congelamento, embalagem, estocagem e assamento (Pereira Jesus e Labossiere, 1995).

a) Escaldamento

O escaldamento consiste em adicionar ao polvilho uma mistura quente composta de água, leite e óleo, em proporções que variam de acordo com a formulação. Durante o escaldamento, provavelmente é iniciado o processo de gelatinização do amido de mandioca o qual promove alterações significativas no polvilho, principalmente absorção de água e inchamento dos grânulos. Forma-se uma massa gelatinosa, cujas características dependem da mistura de escaldamento usada (Jesus, Pereira e Laboissiere, 1996)

O escaldamento é uma das etapas que mais ocasiona modificações no polvilho azedo, modificações estas que influenciam diretamente a qualidade final dos produtos. Portanto, este tema será abordado mais adiante com maior ênfase.

b) Mistura

Durante a mistura são adicionados ingredientes como sal, ovos e queijo. A maioria dos produtores acrescenta o sal por último, mas alguns o adicionam à mistura de escaldamento.

c) Moldagem

Logo após o amassamento, o produto é moldado manualmente ou através de equipamentos apropriados, em formatos de bolas ou pequenos cilindros, que variam de tamanho e peso dependendo do tipo do pão de queijo a ser produzido. A moldagem é ainda um ponto crítico para o pequeno produtor, pois sem o equipamento apropriado, ocorre grande manuseio do produto o que pode acarretar contaminações microbiológicas.

d) A cocção em forno

O pão de queijo deve ser assado em condições padronizadas, sob temperaturas no intervalo de 180° a 200°C. Esta etapa, quando não é bem controlada, pode comprometer a qualidade final do produto.

2.6 O escaldamento do polvilho azedo

O escaldamento do polvilho azedo é uma das etapas determinantes da qualidade do produto. Durante o processo os grânulos de amido são hidratados e, devido ao aquecimento, inicia-se a gelatinização. A maneira como o escaldamento é conduzido, principalmente em termos de temperatura e composição da mistura, altera as características finais do pão de queijo (Jesus, Pereira e Laboissiere, 1996).

O amido de mandioca é constituído por cadeias de amilose (fração linear) e amilopectina (fração ramificada). Nos grânulos de amido as moléculas de amilose e amilopectina associam-se através de pontes de hidrogênio, formando regiões cristalinas radialmente orientadas. Entre

estas áreas cristalinas, existem regiões amorfas nas quais as moléculas não apresentam uma orientação particular. As áreas cristalinas são responsáveis pela estrutura do grânulo e controlam o comportamento do amido na água (Radley, 1976).

Os grânulos de amido são insolúveis em água fria e, quando em contato com água, incham lentamente, mas retornam ao tamanho original durante a secagem (Pomeranz, 1985).

Quando uma suspensão aquosa de amido é aquecida, nenhuma mudança ocorre nos grânulos até que uma temperatura crítica seja alcançada. Atingida esta temperatura, o amido perde a estrutura interna cristalina e começa a absorver água. Este fenômeno é denominado de gelatinização (Radley, 1976).

Durante o inchamento dos grânulos, algumas frações lineares do amido são dissolvidas e lixiviadas para a fase aquosa. No cozimento, os grânulos inchados mantêm a estrutura intacta, sem dissolução ou ruptura. Gradualmente os grânulos incham o suficiente para consumir toda água disponível no sistema e, como resultado, se unem uns aos outros, aumentando a viscosidade da pasta de amido (Collison, 1976).

Cada espécie de amido tem uma organização cristalina específica e cada uma apresenta um comportamento diferente durante o inchamento do grânulo. O inchamento do grânulo é uma das principais transformações do processo de gelatinização do amido (Ziemba, 1965). Nem todos os grânulos de um mesmo amido incham à mesma temperatura, de modo que a gelatinização ocorre numa faixa de temperatura (Vilela e Ferreira, 1987). Na Tabela 3 podem ser visualizadas as faixas de temperatura de gelatinização de diferentes tipos de amido.

O amido de mandioca e batata são os que necessitam de menores temperaturas de gelatinização dentre os vegetais. Isto parece estar relacionado à existência de uma fraca organização interna que facilita o inchamento dos grânulos (Radley 1976 ; Vilela e Ferreira, 1987)

TABELA 3 Temperatura de gelatinização de diferentes tipos de amido

| Amido | Faixa de temperatura de gelatinização (°C) |
|--------------|---|
| batata | 56 - 66 |
| mandioca | 58 - 70 |
| milho | 62 - 72 |
| trigo | 70 - 75 |
| arroz | 61 - 77 |

Fonte: Ciacco e Cruz (1982).

O processo de gelatinização é acompanhado dos seguintes fenômenos: hidratação e inchamento dos grânulos, perda de birrefringência, aumento da claridade da pasta, acentuado e rápido aumento da consistência da pasta e variações de entalpia. Estas variações de entalpia podem estar relacionadas às mudanças nas pontes de hidrogênio, nos cristais dos grânulos de amido e na retrogradação da mistura ou do gel (Radley, 1976 ; Lelievre, 1993).

Durante o crescimento do grânulo de amido, as moléculas orientam-se formando regiões cristalinas perpendiculares à superfície do grânulo ou, no sentido radial, em grânulos esféricos. A birrefringência dos grânulos de amido é decorrente de sua estrutura cristalina, e a sua perda ocorre devido à destruição das áreas cristalinas do grânulo, o que acontece quando o amido é aquecido em água. O acompanhamento deste fenômeno pode ser feito por meio de um microscópio com luz polarizada (Ciacco e Cruz, 1982).

Retrogradação é o termo dado às transformações que ocorrem durante o resfriamento e armazenamento da pasta de amido gelatinizada e consiste, basicamente, da cristalização das moléculas, o que provoca um aumento da firmeza e opacidade das pastas, além da exsudação da parte da água absorvida na gelatinização, fenômeno conhecido como sinérese (Collison, 1976).

Na maioria das aplicações, o amido encontra-se na forma gelatinizada. O processo de gelatinização promove uma ruptura da organização molecular dos grânulos por ação do calor e vários são os fatores que influenciam esse processo de concentração do amido, tais como: pH, binômio tempo-temperatura, condições de cisalhamento, interação com os outros ingredientes da formulação, entre outros. Quando a concentração de amido é suficientemente alta, os grânulos de amido se compactam e o resfriamento promove a formação de uma rede contínua de gel. Se a concentração de amido é insuficiente para promover a união dos grânulos, a cristalização promove a formação de uma pasta viscosa (Lelievre, 1993).

A natureza do inchamento e o tipo de gel formado refletem em grande extensão as proporções das frações lineares e ramificadas que constituem o grânulo. O emaranhado das moléculas ramificadas mantém os grânulos unidos, impedindo o inchamento ou a dissolução em água fria. Por outro lado, as moléculas lineares se acoplam entre os grânulos, reforçando a estrutura e a rigidez do gel, dificultando o processo de inchamento. Isto explica porque alguns amidos, como os de batata e de mandioca, que apresentam um baixo teor de amilose comparativamente a outros amidos como o de trigo, cozinham rapidamente e produzem uma pasta de alta viscosidade, porém instável. Isto ocorre porque os grânulos inchados são extremamente frágeis e se rompem em condições de mistura ou cozimento prolongado (Ziemba, 1965).

Estudos realizados por Morrison et al. (1993), demonstraram que a amilose encontra-se normalmente presente em duas formas nos grânulos de amido: livre (AM) ou complexada com lipídeos (AM-L). Os experimentos comprovaram que AM e AM-L possuem diferentes efeitos sobre as propriedades de inchamento e gelatinização dos grânulos.

A gelatinização do amido pode ser monitorada por meio de métodos químicos e físicos baseados nas alterações que os grânulos de amido sofrem durante este processo, tais como perda de birrefringência, variação da

viscosidade, alteração na susceptibilidade enzimática e formação de complexo amilose solúvel com o iodo, entre outros (Radley, 1976).

Uma das maneiras de avaliar o grau de gelatinização do amido é pela medida da viscosidade da pasta, que aumenta com o inchamento do grânulo. Isto pode ser feito com o uso do amilógrafo Brabender, o qual registra automaticamente as mudanças de viscosidade da pasta por meio de um sistema controlado de aquecimento e resfriamento (Pomeranz, 1985).

A gelatinização é um processo endotérmico e, portanto, a curva endoterma de gelatinização é uma medida da progressiva desordem dos cristais de amilopectina quando aquecidos em excesso de água (Morrison et al., 1993). Podem, portanto, ser empregados métodos térmicos, como, por exemplo, o calorímetro diferencial de varredura, que acompanha a gelatinização registrando continuamente a variação de entalpia. Durante o aquecimento na faixa de temperatura programada, a uma velocidade pré-estabelecida, a extensão da gelatinização é proporcional à área do pico da endoterma registrada (Silva, 1991). Vários são os autores que têm utilizado este método nos seus trabalhos de pesquisa sobre a gelatinização: Tester e Morrison, (1990), Bello-Perez e Paredes-López (1995); Valetudie et al. (1995).

A perda da birrefringência também é um método utilizado para avaliar a extensão da gelatinização, o que pode ser feito pelo microscópio de estágio aquecido de Koepler. Nele determina-se a faixa de temperatura que marca o início e o término do desaparecimento da birrefringência - cruz de malta (Pomeranz, 1985). Este método também é bastante utilizado pelos pesquisadores na avaliação da gelatinização (Xu e Seib, 1994; Valetudie et al., 1995).

Outro método baseia-se no fato de que a susceptibilidade do grânulo de amido à ação enzimática é aumentada quando ele se encontra na forma gelatinizada. Este princípio é usado para quantificar a extensão de gelatinização alcançada pelo amido. Autores como Shefty, Lineback e Seib (1974) e Chiang e Johnson (1977) utilizaram este método nos seus trabalhos de pesquisa.

2.7 A gordura em produtos de polvilho azedo

A gordura exerce um papel muito importante no processo de fabricação de produtos de polvilho. Cereda (1983) afirma que a gordura utilizada na fabricação interfere no ponto de expansão do polvilho, o qual pode ser definido como a capacidade que tem um polvilho para aumentar o volume da massa confeccionada quando submetido ao forno.

Uma das funções mais importantes da gordura é tornar quebradiços e macios os produtos assados, que poderiam, de outra forma, constituir massa sólida, firmemente ligada pelos cordões de glúten. Sendo insolúvel na água, a gordura evita a coesão dos cordões de glúten durante a combinação de ingredientes, tornando o produto macio, Phillips et al. (1995). A gordura não somente amacia os produtos, mas também ajuda a reter ar incorporado durante a manipulação.

Os benefícios esperados com substituição pela gordura fracionada em biscoitos e pães de queijo são: aroma, sabor, cor e textura, além de se obter um produto mais saudável, já que a gordura fracionada contém apenas ácidos graxos de quatro a oito carbonos. Os ácidos graxos de cadeia longa (gordura tradicional) podem trazer prejuízos à saúde humana, uma vez que estão associados ao colesterol.

A gordura fracionada do leite é bastante utilizada em sorvetes, chocolates, produtos vegetais gordurosos, bolachas e alguns produtos lácteos, principalmente em queijos finos, requeijão e queijos fundidos, com o objetivo de acentuar o sabor característico da gordura do leite.


2.8 Análise sensorial

Peryam e Pilgrim (1957) reportaram que, para se garantir a aceitação de um alimento pelos consumidores, além de procedimentos físico-químicos e

microbiológicos rotineiros, é imprescindível o emprego de avaliações sensoriais para se certificar da aceitação ou da preferência de um produto. Tal afirmação é razoável por não existirem métodos analíticos isolados que possibilitem avaliar, satisfatoriamente, propriedades sensoriais como sabor e aparência (Herschdoerfer, 1991). Amerine, Pangborn e Roessler (1965) relataram problemas em aceitação de alimentos por soldados das forças armadas americanas durante a Segunda Guerra Mundial. Um balanceamento entre os componentes desses alimentos e as exigências nutricionais normais do pessoal militar não foi suficiente para garantir sua aceitação. Segundo Pangborn (1987), iniciativas governamentais também foram frustradas quando tentou-se implementar programas de ajuda a países em desenvolvimento. Os produtos enviados eram rejeitados pelos mesmos motivos relatados anteriormente.

Análise sensorial, segundo uma definição, preparada pela Divisão de Avaliação Sensorial do Institute of Food Technologists - IFT (1981), é uma *"disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações àquelas características dos alimentos e materiais como elas são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição"*. Testes sensoriais são essencialmente procedimentos utilizados pelas indústrias para aferir a qualidade de um produto. Esses testes podem ser subjetivos e consomem algum tempo, sendo a interpretação dos resultados de grande utilidade (Rosaric, Duong e Surcek 1973).

De acordo com Sawyer (1971), uma das principais aplicações da avaliação sensorial é no controle de qualidade, pois alguns atributos de qualidade podem ser medidos objetivamente com o uso de instrumentos apropriados, mas muitos outros não podem, por causa da complexidade inerente a esse processo. Nesses casos, o emprego de equipamentos é valioso e de grande importância, mas apenas em limitadas aplicações. O auxílio da visão, inegavelmente, assume posição fundamental em controle de qualidade e desenvolvimento de produtos (Stewart, 1971).



Segundo o IFT (1981), as aplicações mais comuns das técnicas de avaliação sensorial são as seguintes: no desenvolvimento de novos produtos, no melhoramento de produtos, na alteração de processos, na redução de custos ou substituição de uma matéria-prima, no controle de qualidade, na estabilidade, no armazenamento, na classificação de produtos, na aceitação ou em opiniões de consumidores acerca de algum produto, na preferência dos consumidores, na seleção e no treinamento de julgadores e na correlação entre avaliações sensoriais e medidas físicas ou químicas.

Sidel, Stone e Blommquist (1981) classificaram os testes sensoriais, de acordo com o critério de seleção de julgadores e as tarefas específicas, em quatro tipos básicos: testes afetivos, discriminatórios, descritivos e de qualidade.

Os testes afetivos, segundo o IFT (1981), são utilizados para avaliar a preferência ou a aceitação de produtos. Os principais métodos empregados para testes afetivos são: comparação pareada, ordenação, comparação múltipla e escala hedônica - verbal e facial (IFT, 1981).

No Quadro 1 encontram-se resumidos vários fatores complexos que influenciam a aceitação de produtos alimentares pelo público em geral.

Testes discriminatórios podem ser de dois tipos: de diferença e de sensibilidade. O primeiro tipo avalia se amostras podem ser diferenciadas, levando-se em consideração algum nível de probabilidade (por exemplo, $p < 0,05$), enquanto o segundo mede a habilidade de julgadores em detectar características sensoriais. Os métodos para testes de diferença são: comparação pareada direcional, duo-trio, triangular, ordenação e comparação múltipla. Os métodos para testes de sensibilidade são os estudos de limiar (limiar de diferença, limiar de reconhecimento, etc.) e testes de diluição.

QUADRO 1. Fatores que influenciam a aceitação e a preferência de um produto pelo público

| Atributos do produto | | Atributos do consumidor | |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| 1) | Disponibilidade | 1) | Preferências regionais |
| 2) | Utilidade | 2) | Nacionalidade e raça |
| 3) | Conveniência | 3) | Idade e sexo |
| 4) | Preço | 4) | Religião |
| 5) | Uniformidade | 5) | Educação |
| 6) | Estabilidade | 6) | Motivação psicológica |
| 7) | Segurança e valor nutritivo | a) | Simbolismo do alimento |
| 8) | Propriedades sensoriais | b) | Propaganda |
| a) | Aparência | 7) | Motivação fisiológica |
| b) | Aroma e sabor | a) | Sede |
| c) | Textura | b) | Fome |
| d) | Temperatura | c) | Deficiências |

Fonte: Amerine, Pangborn e Roessler (1965).

Segundo Chaves (1993), testes descritivos são todos aqueles que identificam, descrevem e quantificam os atributos sensoriais de um produto. Os principais métodos disponíveis para análise descritiva são: Análise de Perfil de Sabor (Caul, 1957), Análise de Perfil de Textura (Brandt Skinner e Coleman, 1963), Análise Descritiva Quantitativa (Stone, Sidel e Oliver, 1974) e Perfil Livre (Williams e Langron, 1984).

As principais aplicações dos métodos descritivos em alimentos são: melhoramento de produtos, estimativa de vida de prateleira, desenvolvimento de processos, melhoramento de produtos, controle de qualidade, garantia de qualidade e estudos de correlação entre avaliações sensoriais e análises instrumentais, dentre outros (Gillette, 1984).

Stewart (1971) enfatizou que a análise sensorial é a base para a garantia de qualidade na indústria de alimentos. Somente as análises descritivas permitem intercomparações de múltiplas características sensoriais em vez de fornecerem um simples parâmetro, como o teste de comparação pareada, por exemplo (Larson-Powers e Pangborn, 1978).

Os testes de qualidade objetivam fornecer um escore ou grau que represente a proximidade da amostra-teste a um padrão, que pode ser uma especificação escrita, uma amostra de um produto selecionado que satisfaça a essas especificações ou um padrão da memória do julgador treinado (Amerine, Pangborn e Roessler, 1965). Bodyfelt (1981) e Hansen, Swartzel e Giesbretch. (1980) citaram o exemplo da indústria de laticínios desenvolvendo seus testes de qualidade, nos quais os provadores utilizam uma escala única que consiste de números associados com diferentes termos descritivos ou empregam métodos que incluem uma lista de possíveis defeitos de qualidade e atribuem um grau de qualidade final que depende do número e tipo de defeitos apresentados pela amostra-teste. Um baixo escore obtido em teste de qualidade indica deficiências provocadas por defeitos apresentados pelo produto, os quais são definidos por julgadores certificados.

Os provadores, uma vez selecionados, devem se submeter a um treinamento para reconhecer produtos que estão dentro e fora de especificações. Esse treinamento para discriminação de vários padrões envolve, primeiro, uma familiarização com as referências e o procedimento de avaliação. Depois, eles avaliam os produtos e seu desempenho é monitorado. Normalmente se empregam testes discriminatórios ou descritivos nessas sessões. Um treinando é certificado após ter seu desempenho avaliado por um julgador treinado (Sidel, Stone e Blommquist, 1981).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nos Laboratórios de Laticínios, de Grãos e Cereais e de Análise Sensorial, do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

3.1 Análises físico-químicas do polvilho azedo, polvilho doce e da farinha de milho, utilizados na fabricação do pão de queijo

3.1.1 pH

O pH foi determinado segundo o método nº 02-52 do (AACC, 1976).

3.1.2 Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada pelo método de Lyne (1976), após a dispersão de amido.

3.1.3 Cinzas

O teor de cinzas foi determinado segundo o método nº 08-17 (AACC", 1976).

3.1.4 Umidade

O teor de umidade foi determinado segundo o método método nº 44-15 A (AACC, 1976).

3.2 Transformação da manteiga em *Butteroil*

A manteiga foi elaborada no Laboratório de Laticínios do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, a partir de creme de leite de gado Jersey, adquirido em laticínio da cidade de Lavras-MG.

A manteiga elaborada sem sal foi totalmente fundida a 45°C e deixada em repouso durante 4 horas para decantação da água e obtenção da gordura anidra do leite (*Butteroil*).

3.3 Obtenção da gordura anidra do leite (*Butteroil*)

A gordura anidra do leite (*Butteroil*) foi obtida pela fusão total, em "banho-maria" a 45°C da manteiga sem sal com posterior separação de fases água e óleo por repouso durante 4 horas. Após este período, a água foi retirada por decantação utilizando-se funil de decantação.

3.4 Fracionamento da gordura anidra(*butteroil*)

O fracionamento da gordura do leite foi realizado pelo processo de fracionamento a seco, utilizando-se um becker de cinco litros colocado em banho-maria na temperatura desejada para cada fracionamento e um agitador girando lentamente durante cinco horas. Após este período, a gordura na forma líquida foi filtrada em papel de filtro com auxílio de bomba de vácuo, como mostrado na Figura 2, com o objetivo de se aproveitar somente o filtrado para a fabricação dos "pães de queijo".

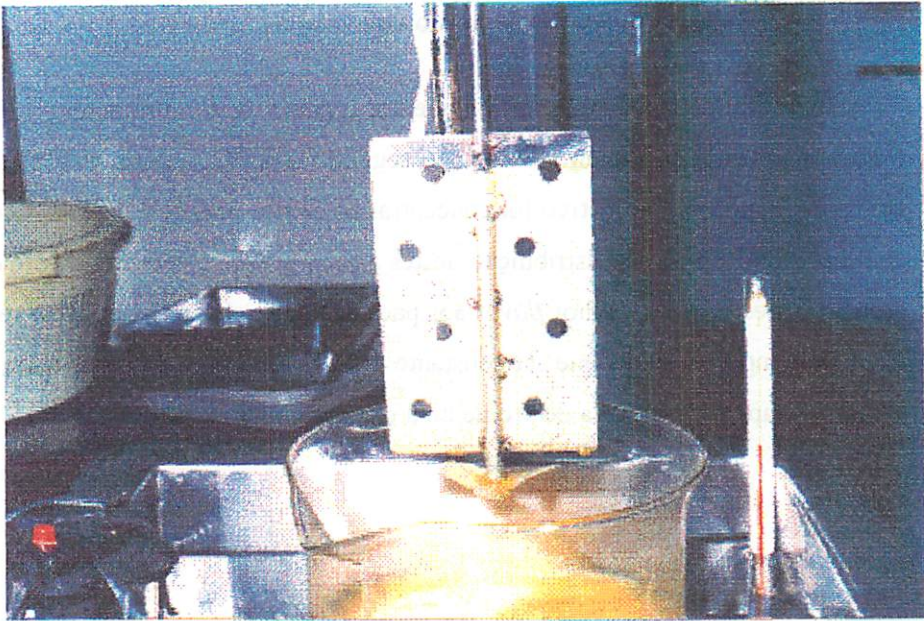
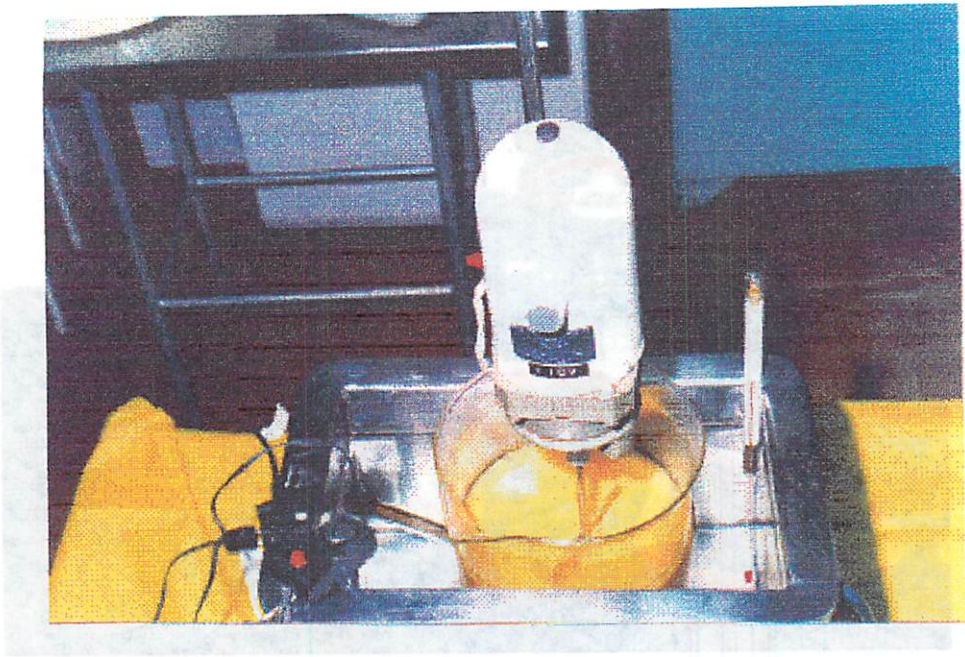


FIGURA 2 Processo de separação da gordura do leite por diferenças de pontos de fusão

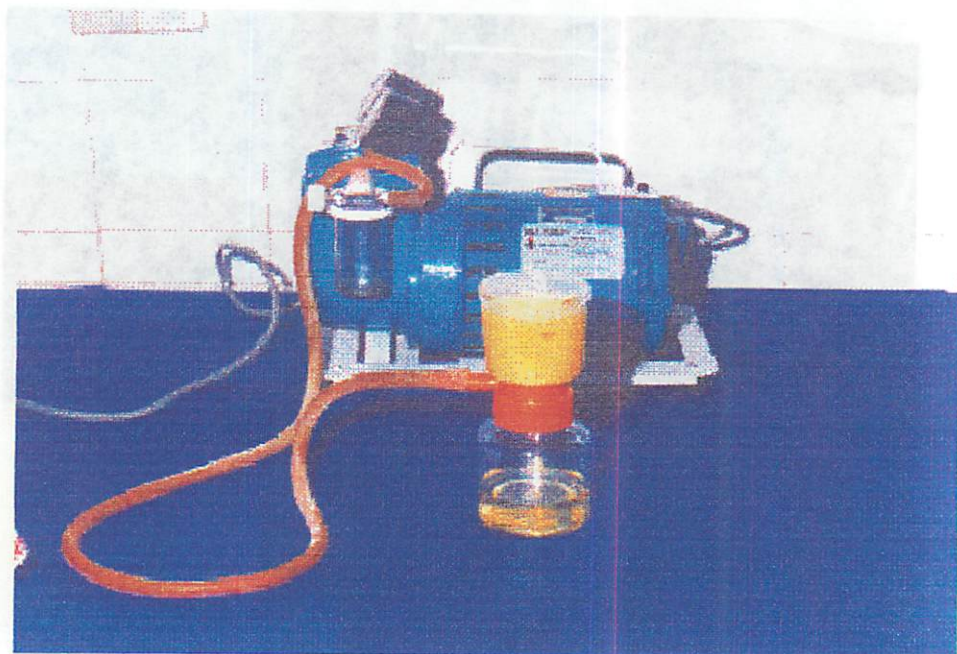


FIGURA 3 Filtração da gordura líquida na fração desejada (28°C , 25°C ou 22°C) com auxílio de bomba de vácuo

Foram realizados três fracionamentos a partir da gordura anidra do leite (*butteroil*), sendo o primeiro a 28°C, o segundo a 25°C e o terceiro a 22°C, conforme Figura 4. O objetivo foi concentrar os ácidos graxos de cadeia curta e analisar quimicamente a distribuição destes ácidos graxos e sensorialmente qual destas frações confere melhor *flavor* aos pães de queijo. Como esta fase é muito lenta e a temperatura tem que ser constante durante todo o processo de filtração, toda esta etapa foi realizada dentro de uma câmara climática B.O.D.

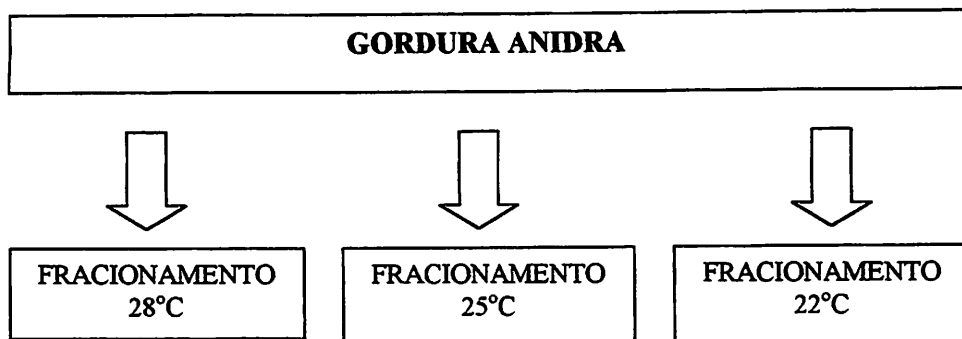


FIGURA 4 Temperaturas de fracionamento da gordura anidra do leite

3.5 Análise do perfil dos ácidos graxos das frações de gordura

O perfil de ácidos graxos da gordura do leite foi determinado pelo método cromatográfico descrito por Luddy, Barford e Riemenschneider, 1960, modificado por Abreu (1993) como descrito a seguir.

3.5.1 Obtenção dos ésteres metílicos dos ácidos graxos

Colocou-se em um tubo de ensaio de tampa rosqueada 0,2 g da gordura fracionada extraída do leite, juntamente com 2 ml de uma solução aquosa de hidróxido de sódio (1N) e 1,0 ml de uma solução de ácido nonanóico (3.000 ppm) em éter, como padrão interno. A mistura foi triturada utilizando-se um homogeneizador tipo Polytron por 1 minuto e posteriormente aquecida em banho-maria fervente por aproximadamente 1 hora (até desaparecerem todas as gotículas de gorduras). Após resfriamento em água corrente, foi adicionado ao sabão formado 0,5 ml de ácido sulfúrico 5,5N. O hidrolizado foi então aquecido novamente em banho-maria fervente por 10 minutos, sendo depois resfriado e adicionado de 10 ml de uma solução hexano:éter (1:1), seguido de completa homogeneização. O sobrenadante foi transferido para um tubo menor e o solvente evaporado em um fluxo de nitrogênio. Aos ácidos graxos foi então adicionado 1 ml de BF_3 (trifluoreto de boro) em metanol (14%), aquecendo-se

em banho-maria fervente por 15 minutos para completa metilação. Após resfriamento, 5 ml de pentano foram adicionados aos ésteres metílicos, seguidos de homogeneização e três lavagens com 10 ml de uma solução metanol:água (13%). Cada lavagem era seguida de uma centrifugação (centrífuga de Gerber) tendo a parte inferior descartada. Os ésteres metílicos, após assim obtidos, foram utilizados na análise cromatográfica.

3.5.2 Análise por cromatografia em fase gasosa

Para a separação e quantificação dos ésteres metílicos, utilizou-se um cromatógrafo a gás, modelo Varian 3.400, equipado com detector FID acoplado a um integrador Intralab 4290, trabalhando nas seguintes condições: a temperatura do injetor e do detector foi mantida a 220°C; a temperatura da coluna foi programada em um gradiente de 150° a 200°C, com elevação constante de $\beta=2^\circ\text{C}/\text{min.}$; o gás de arraste utilizado foi o nitrogênio, com um fluxo de 30ml/min., atenuação 32×10^{-11} ; o fluxo do hidrogênio foi de 30ml/min e do ar sintético 350ml/min. Os componentes dos ésteres metílicos dos ácidos graxos foram separados em uma coluna empacotada de 2 metros, DEGS a 18% em Chromosorb 80/100 mesh. Para determinação dos ácidos graxos, foi injetado 1 μl da solução dos ésteres metílicos. De posse do cromatograma, o cálculo da porcentagem dos ácidos graxos, foi feito por integração das áreas dos picos.

3.6 Fabricação do pão de queijo

O pão de queijo foi produzido seguindo o processo descrito no fluxograma apresentado na Figura 5, com base em testes de panificação em laboratório para se obter um produto com características semelhantes às marcas comerciais mais bem aceitas no mercado regional.

As porcentagens da formulação adotada após exaustivos testes de panificação foram as seguintes: 34% polvilho azedo, 3,5% de polvilho doce,

30,5% de leite longa vida desnatado, 2,5% de farinha de milho, 13,5% de água, 10% de gordura fracionada, 5% de ovos e 1% de sal. O pão de queijo controle foi fabricado utilizando-se a mesma formulação, porém, com a gordura anidra do leite em sua forma integral, ou seja, sem sofrer fracionamento.

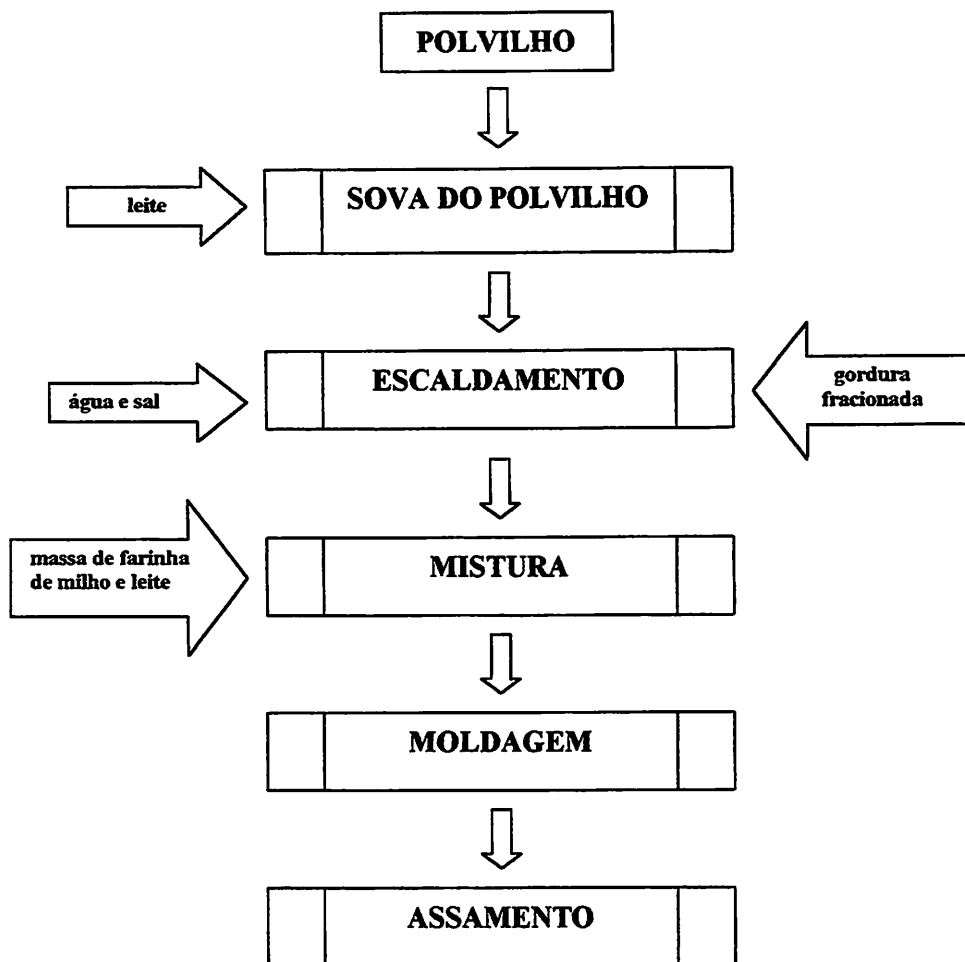


FIGURA 5 Fluxograma do processo de fabricação do pão de queijo

Foram utilizados quatro tipos de gordura anidra de leite nas fabricações dos pães de queijo, isto é, gordura integral e gordura fracionada a 28°C, 25°C ou 22°C. Cada tratamento foi repetido quatro vezes, num total de dezesseis repetições.

3.7 Análises da composição do pão de queijo

3.7.1 Umidade

O teor de umidade foi determinado segundo o método método nº 44-15 A do (AACC, 1976).

3.7.2 Cinzas

O teor de cinzas foi determinado segundo o método nº 08-17 do (AACC, 1976).

3.7.3 Lipídeos

Os lipídeos foram dosados por extração direta com éter etílico, segundo o método de Soxhlet, de acordo com a AOAC (1980).

3.7.4 Proteína

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de Kjeldahl nº 46 - 20 (AACC, 1976), usando o fator 6,38 para a conversão do nitrogênio em proteína bruta.

3.8 Avaliação sensorial

Todas as degustações foram realizadas em cabines individuais do Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

3.8.1 Seleção de provadores

Para que os resultados da avaliação sensorial sejam mais precisos e exatos há necessidade de uma seleção prévia dos julgadores, pois as pessoas quando submetidas a um destes testes, apresentam desempenhos heterogêneos em função do caráter subjetivo das respostas aos estímulos envolvidos em um experimento sensorial.

Para esta seleção, foram convidados vinte candidatos entre professores, funcionários e estudantes do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, independente de sexo, idade, etc.

Foi empregado o Método de Amplitude-Escala que, segundo Chaves e Sproesser (1993), é uma técnica que consiste em preparar lotes de soluções para um dos gostos primários (nesse caso, gosto doce), variando a concentração.

Foram preparadas, em erlenmeyers, quatro soluções aquosas de sacarose em concentrações de 0,20; 0,30; 0,45 e 0,70% (p/v). Numa primeira fase, foram atribuídas notas arbitrárias a cada concentração dentro do lote. As amostras foram servidas aos candidatos a provadores numa sessão preliminar, em forma de mesa redonda para familiarização. A solução mais concentrada recebeu nota 1 (um) e, assim sucessivamente até a menos concentrada que recebeu nota 4 (quatro).

Numa segunda fase, as amostras foram codificadas com três dígitos aleatórios e servidas aos candidatos em cabines individuais, em copinhos descartáveis contendo aproximadamente 25 ml de cada solução para avaliação. Foi, então, solicitado a cada candidato que atribuisse notas às amostras servidas aleatoriamente, registrando-as nas fichas-resposta, de acordo com o padrão previamente apresentado. A Figura 6 mostra o modelo de ficha-resposta empregada neste teste.

MÉTODO AMPLITUDE ESCALA

Nome: _____ Data: _____

Prove as amostras e atribua notas à intensidade de gosto doce, de acordo com as amostras de referência.

| AMOSTRA | NOTA | AMOSTRA | NOTA | AMOSTRA | NOTA |
|---------|------|---------|------|---------|------|
| 189 | | 256 | | 782 | |
| 458 | | 021 | | 545 | |
| 250 | | 705 | | 065 | |
| 035 | | 986 | | 689 | |

FIGURA 6 Ficha-resposta empregada na seleção de provadores (Método Amplitude-Escala)

Foram realizadas três repetições com o objetivo de observar a variação das notas num mesmo nível (lote) de concentração.

Após a coleta, tabulação dos dados e execução dos cálculos específicos do Método Amplitude-Escala para seleção de provadores, foram selecionados doze dos vinte candidatos que também apresentaram um desempenho homogêneo e com grande destaque em relação aos demais.

Os candidatos selecionados apresentaram idades variando de 22 a 40, sendo cinco do sexo masculino e sete do sexo feminino e, todos eram consumidores do produto-teste, no caso, de pão de queijo.

Esta fase, desde o planejamento até a obtenção dos resultados finais teve a duração de dez dias.

3.8.2 Treinamento dos provadores selecionados

Esta fase tem, como principal objetivo, familiarizar o provador com os procedimentos dos testes, aperfeiçoar sua habilidade em reconhecer e identificar atributos sensoriais de alimentos, melhorar sua capacidade sensitiva e de memória, a fim de que ele possa identificar, de forma precisa, características sensoriais que possam ser reproduzidas (Teixeira, Meinert e Barbeta, 1987).

No início da fase experimental, as sessões se realizaram nos períodos em que era possível conciliar os horários de todos os provadores, para que fosse em conjunto. Na ocasião, foi apresentado aos provadores o Método Triangular, que foi indicado para se avaliar as amostras e familiarizar os provadores com o laboratório. As demais sessões não seguiram esta metodologia necessariamente. Nesta fase, foi possível tirar dúvidas dos provadores com relação à técnica utilizada.

No treinamento, propriamente dito, os provadores degustaram amostras simulando a metodologia do Método Triangular, em cabines individuais, empregando-se amostras-teste do produto em estudo. Em cada sessão foi feita uma avaliação de desempenho dos provadores, observando-se o número de respostas certas de cada um. Quando foi constatado que eles se encontravam num nível de acerto razoável, deu-se por encerrada esta fase de treinamento, passando-se para os testes definitivos.

Foram consumidos no total quinze dias de sessões de treinamento, tendo, inclusive, ocorrido em dois períodos, manhã e tarde, por sete dias.

3.8.3 Avaliação sensorial pelo método triangular

Este teste é aplicado para determinar se existe diferença perceptível entre dois produtos, comparando-se três amostras, das quais duas são iguais e uma diferente

Foram estipulados horários para as degustações, de acordo com as peculiaridades dos provadores, buscando-se um maior número de provadores para um mesmo horário.

Os provadores recebiam as amostras em cabines individuais juntamente com uma ficha resposta (Figura 7) e um lápis para o seu preenchimento. Cada provador recebia três amostras codificadas com três dígitos aleatórios (Figuras 8 e 9). O tempo gasto para a degustação era livre, tomando-se o cuidado de não apressá-los. Sempre que solicitado, foi servida uma nova porção da amostra.

| | | |
|---|-------------------------|-------|
| PROVA TRIANGULAR | | |
| PRODUTO: PÃO DE QUEIJO | | |
| PROVADOR: _____ | DATA ____ / ____ / ____ | |
| <u>ORIENTAÇÃO:</u> | | |
| 1. Duas das três amostras de cada prova são iguais e uma é diferente. | | |
| 2. Transfira o código (3 dígitos) de cada amostra na sequência recebida para o espaço (_____) apropriado. | | |
| 3. Marque com um X ou circule a amostra que achar diferente. | | |
| 4. Transfira também o código da amostra preferida para o espaço (preferência). | | |
| 1ª prova | _____ | _____ |
| 2ª prova | _____ | _____ |

FIGURA 7 Ficha de resposta para teste triangular

Cada amostra foi servida na temperatura em que o pão de queijo é consumido normalmente, ou seja, logo após ser retirado do forno, em pratos descartáveis, com três repetições para cada tratamento, conforme Figura 8 e 9.

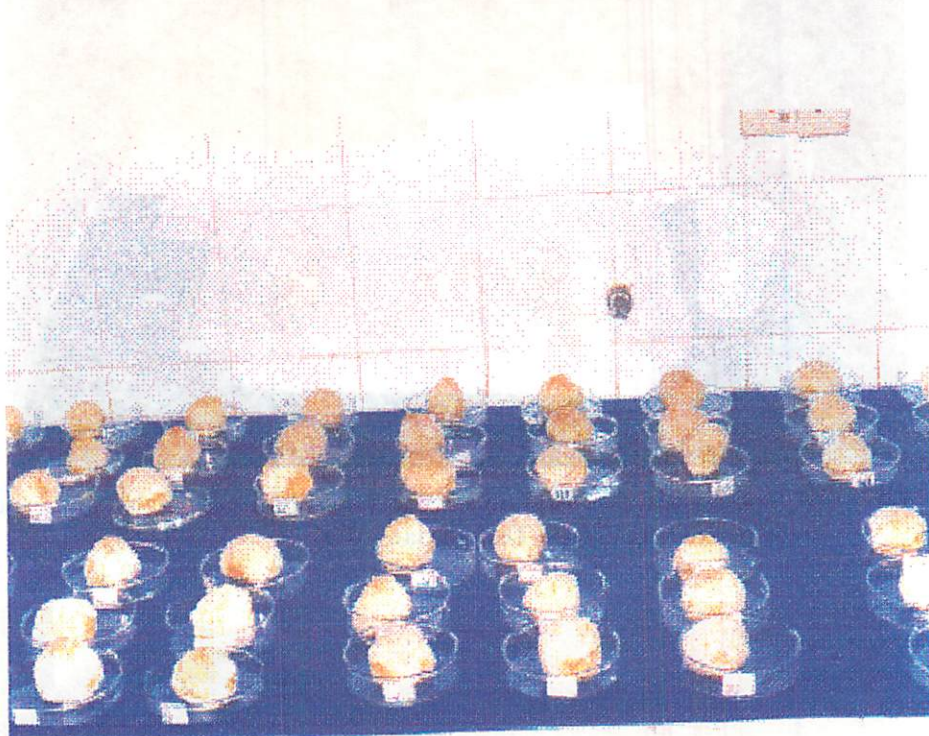


FIGURA 8 Preparação das amostras de pão de queijo com sorteio aleatório em cada lote de três amostras para execução do teste triangular

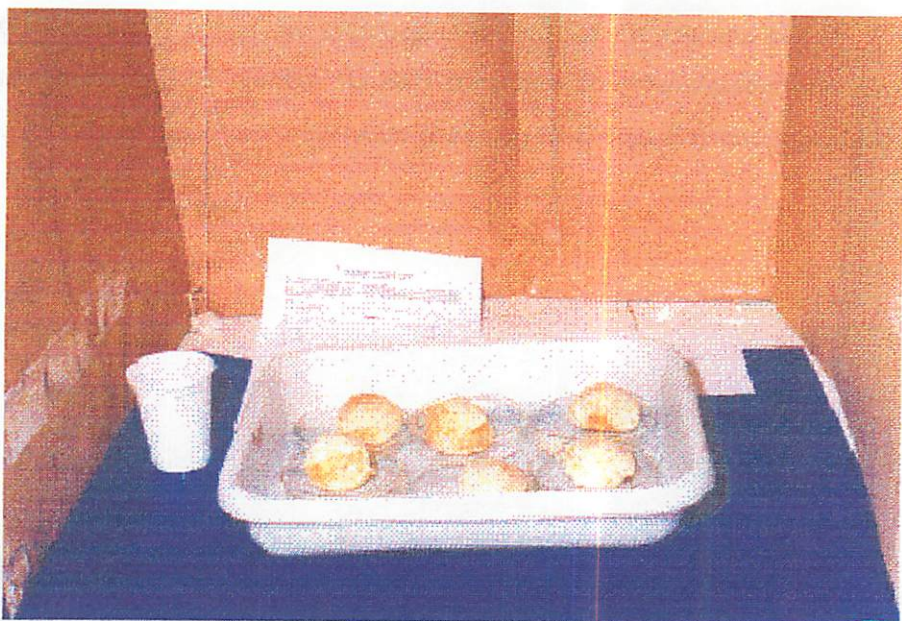


FIGURA 9 Amostra disposta em cabine individual com ficha de resposta para execução do Teste Triangular



FIGURA 10 Provadora selecionada e treinada para a análise sensorial

3.8.4 O teste de preferência

É usado especificamente quando se deseja colocar um produto em competição direta em relação a outro, como em situações de melhoria de produto ou de competição de igualdade (Ferreira et al, 1999). A ficha resposta utilizada para este teste encontra-se na Figura 11.

| TESTE DE PREFERÊNCIA | |
|--|-------------|
| Nome: _____ | Data: _____ |
| <p>Por favor, prove as amostras. Ordene-as de acordo com a sua preferência. A amostra com maior preferência deve ser colocada em primeiro lugar e assim sucessivamente. Lave as papilas após as avaliações e espere de 30 a 40 segundos.</p> | |
| CÓDIGO | ORDEM |
| 879 | _____ |
| 342 | _____ |
| 583 | _____ |
| 167 | _____ |
| Comentários: | |
| _____ | |
| _____ | |
| _____ | |

FIGURA 11 Modelo da ficha utilizada para o teste de preferência

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Composição da farinha e polvilhos utilizados na fabricação dos pães de queijo

A composição química aproximada das farinhas é mostrada nas Tabelas 4 e 5. Os valores de pH e acidez titulável entre os polvilhos doce e azedo estão de acordo com o esperado. A fermentação do polvilho azedo reduz seu pH e eleva a acidez titulável, o que não ocorre com o polvilho doce, o qual não é fermentado, sofre menos inchamento no grânulo de amido e, portanto, contribui para a formação de miolo no pão de queijo.

A farinha de milho também é fermentada, porém apresenta acidez titulável mais elevada que o polvilho azedo, devido ao seu elevado teor protéico e de radicais que reagem com o NaOH.

TABELA 4 Valores médios, mínimos e máximos do pH e acidez titulável das farinhas utilizadas na confecção do pão de queijo

| Farinhas | pH | | | acidez titulável | | |
|------------------|---------------|--------------|---------------|------------------|--------------|---------------|
| | <i>mínimo</i> | <i>média</i> | <i>máximo</i> | <i>mínimo</i> | <i>média</i> | <i>máximo</i> |
| polvilho azedo | 3,92 | 3,93 | 3,93 | 3,70 | 3,70 | 3,70 |
| polvilho doce | 6,10 | 6,14 | 6,16 | 0,90 | 0,97 | 1,00 |
| farinha de milho | 3,98 | 3,99 | 3,99 | 6,80 | 6,87 | 6,90 |

Conforme pode-se verificar, a farinha de milho utilizada na fabricação dos pães de queijo apresentou um baixo teor de gordura, quando comparado aos valores encontrados por Muelenaere e Buzzard (1969) e Gomez e Aguilera (1983) para farinhas de milho integral, que foram de 3,9 e 3,4%, respectivamente. Este baixo valor para a farinha de milho foi decisivo na escolha da marca a ser utilizada na fabricação, com o objetivo de não influenciar nos resultados da gordura fracionada.

O teor de cinzas do polvilho azedo apresentou resultado abaixo do limite, que é de 0,5%, assim como o teor de umidade (14%), assegurando qualidade ao produto utilizado.

TABELA 5 Valores médios, mínimos e máximos de umidade, cinzas e lipídeos das farinhas utilizadas na confecção do pão de queijo

| Constituintes (%) | 1 | | 2 | | | 3 | | | |
|---------------------|-------|--------------|-------|-------|--------------|-------|------|-------------|------|
| | p. a. | | p. d. | | | f. m. | | | |
| | min. | máx. | min. | máx. | min. | máx. | | | |
| Umidade | 13,21 | 13,33 | 13,44 | 11,36 | 11,46 | 11,55 | 6,36 | 6,45 | 6,55 |
| Cinzas | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,09 | 0,10 | 0,18 | 0,30 | 0,33 |
| Lipídeos | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,11 | 0,26 | 0,50 | 0,41 | 0,55 | 0,73 |

- 1. polvilho azedo
- 2. polvilho doce
- 3. farinha de milho

4.2 Rendimento da manteiga em *butteroil*

O rendimento do processo de transformação da manteiga em *butteroil* está descrito no fluxograma constante na Figura 12, mas pode ser bastante variável dependendo do processo de retirada de água da manteiga (malaxagem).

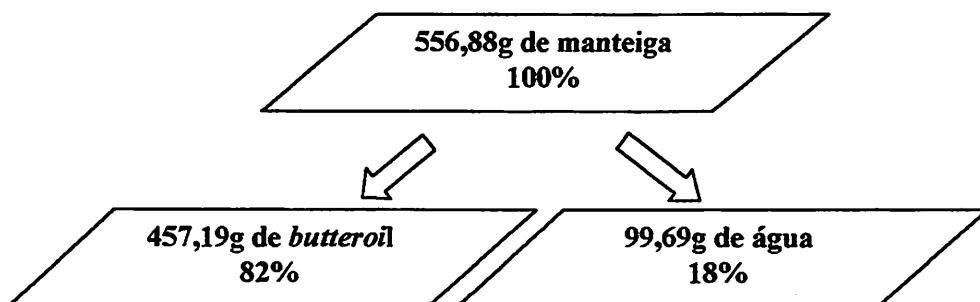


FIGURA 12 Rendimento da manteiga em *butteroil*

4.3 Concentração dos ácidos graxos presentes na gordura fracionada do leite

O perfil dos ácidos graxos totais obtidos pela cromatografia gasosa após purificação e metilação destes se encontra na Tabela 6. Embora a gordura do leite contenha outros ácidos graxos, como os de cadeia com número ímpar de carbono e de cadeia ramificada, essa tabela apresenta somente aqueles que se encontram em maiores concentrações.

TABELA 6 Perfil dos ácidos graxos da gordura do leite anidra integral (*Butteroil*) e fracionada a 28, 25 e 22°C

| Ácido graxo | Fracionamento | | | |
|-------------|--------------------|-----------|-----------|----------|
| | Não fracionada (%) | 28° C (%) | 25° C (%) | 22°C (%) |
| C4:0 | 3,89 | 4,45 | 4,89 | 5,78 |
| C6:0 | 2,56 | 3,51 | 3,87 | 4,68 |
| C8:0 | 1,25 | 1,69 | 2,02 | 2,98 |
| C10:0 | 2,94 | 3,57 | 3,77 | 4,01 |
| C12:0 | 3,41 | 3,81 | 3,98 | 4,76 |
| C14:0 | 11,52 | 11,15 | 11,23 | 10,86 |
| C14:1 | 2,70 | 3,16 | 3,89 | 4,76 |
| C16:0 | 28,36 | 24,79 | 21,02 | 14,03 |
| C16:1 | 3,41 | 3,80 | 4,40 | 5,98 |
| C18:0 | 9,79 | 7,43 | 5,98 | 2,39 |
| C18:1 | 27,38 | 28,79 | 30,08 | 33,76 |
| C18:2 | 2,79 | 3,85 | 4,87 | 6,01 |

Em geral, as médias das concentrações dos ácidos graxos analisados na gordura não fracionada encontram-se dentro das faixas de variação normais.

Para melhor compreensão, a apresentação desses ácidos graxos foi subdividida em grupos que possuem especial interesse.

4.4 Ácidos graxos de cadeia curta X ácidos graxos de cadeia longa

Os ácidos graxos de cadeia curta apresentam a característica de serem voláteis, contribuindo, conseqüentemente, com o aroma do leite, produtos lácteos e outros produtos onde a gordura do leite entra como ingrediente na elaboração.

Comparando a gordura não fracionada com aquelas fracionada a 28°, 25° e 22°C, pode ser observado que quanto menor a temperatura de fracionamento, maior foi a concentração dos ácidos graxos de cadeia curta na fração, com conseqüente diminuição na dos ácidos graxos saturados de cadeia longa (Figura 13 e Figura 14). Sabidamente, os ácidos graxos de cadeia curta possuem menor ponto de fusão e, como conseqüência, têm seus teores aumentados quanto menor for a temperatura utilizada no processo de fracionamento.

Dois pontos importantes caracterizam esses ácidos graxos de cadeia curta. O primeiro é a sua importante contribuição para o aroma dos produtos que os contêm e o segundo é a diminuição do ponto de fusão dessa gordura. Em face disso, a manipulação da gordura do leite para ser utilizada como ingrediente torna-se particularmente importante.

Para o leite de consumo, a contribuição destes AGCC não representa fator importante, mas essa importância se reflete marcadamente nos produtos lácteos, principalmente queijos, e naqueles que utilizam a gordura como ingrediente. Neste caso esses ácidos contribuem decisivamente com seus aromas distintos característicos de cada tipo de produto. Uma vez que somente esses ácidos graxos que se encontram esterificados contribuem para o aroma após serem liberados do glicerol (hidrólise), pela ação de lipases naturais do



leite ou adicionadas fica fácil aumentar a contribuição das gorduras fracionadas ao aroma dos produtos, o que aconteceria pela simples adição de lipases antes de serem incorporadas à massa. As lipases utilizadas comercialmente, em sua maioria, têm preferência pela posição Sn-3 do glicerol, na qual a maioria dos ácidos graxos de cadeia curta estão esterificados.

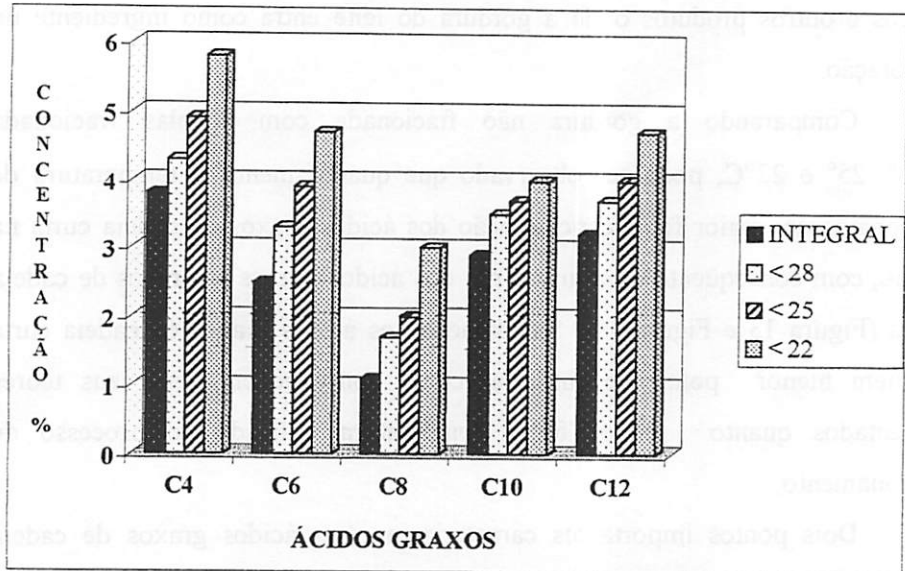


FIGURA 13 Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia curta na gordura anidra do leite (*Butteroil*) e fracionadas a 28, 25 e 22° C

4.5 Ácidos graxos de cadeia longa insaturada X saturada

A Figura 14 apresenta os dados das concentrações dos ácidos graxos de cadeia longa e insaturada e a Figura 15 os de cadeia saturada. Observa-se um aumento nas concentrações de todos os ácidos insaturados à medida que a temperatura de fracionamento foi diminuída. Ao contrário, os ácidos saturados experimentaram, com exceção do C14, uma diminuição significativa em suas concentrações. Provavelmente, a não variação na concentração do ácido

mirístico aconteceu em função do seu ponto de fusão ser intermediário entre os de cadeia curta e longa.

Advertências médicas e a reação crescente dos consumidores de evitar produtos com altos teores de ácidos graxos saturados tem aumentado a procura por alimentos que os apresentem em menores. A indústria de ingredientes tem acelerado o desenvolvimento de estratégias de produção para atender a este mercado. Diversas estratégias tecnológicas têm sido desenvolvidas, com o intuito de aumentar as concentrações de ácidos graxos insaturados na gordura, sendo o fracionamento uma técnica que tem se demonstrado eficiente para a gordura do leite.

Os resultados obtidos nesse trabalho indicam uma maior concentração dos ácidos graxos insaturados na gordura fracionada a menor temperatura, sendo essa gordura, conseqüentemente, mais desejável com relação aos aspectos nutricionais.

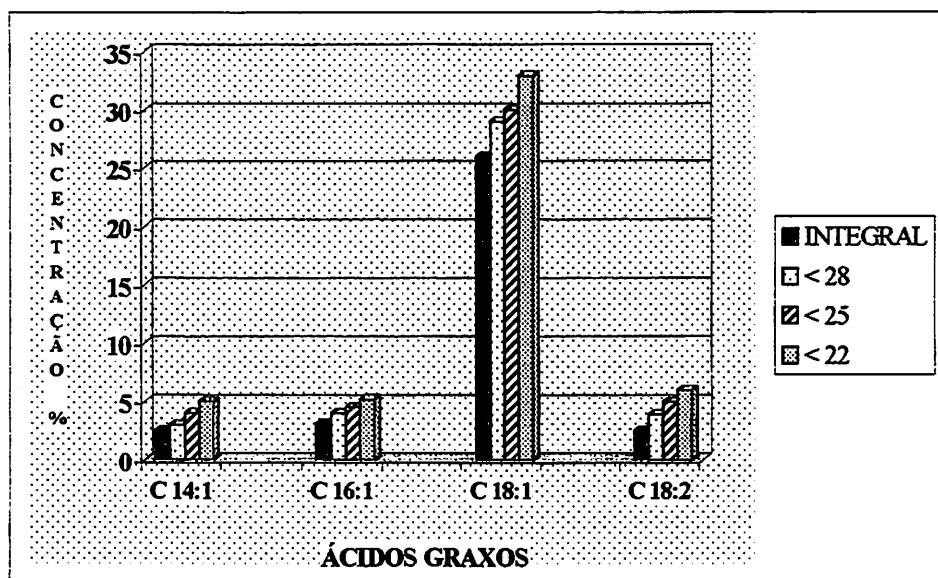


FIGURA 14 Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia longa insaturada na gordura do leite

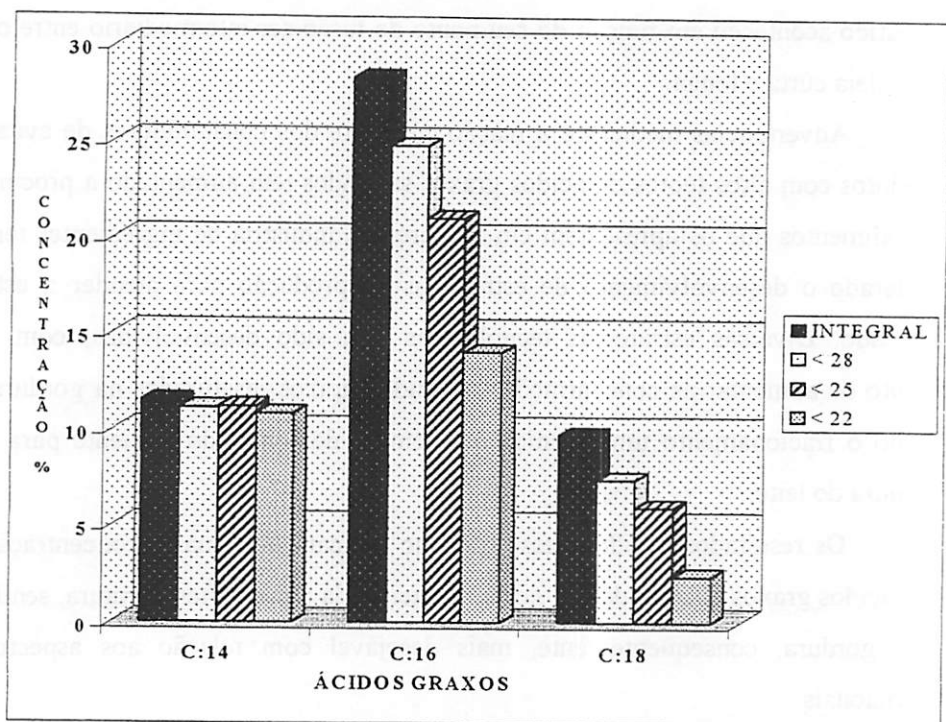


FIGURA 15 Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia longa saturada na gordura do leite

4.6 Composição centesimal do pão de queijo

A composição centesimal do pão de queijo foi determinada com o objetivo de fazer uma comparação com os pães de queijo comercializados, principalmente com relação ao teor de lipídeos. O valor médio encontrado foi de 17,46%, o qual se encontra abaixo dos valores de marcas comerciais, que é de 25%, segundo análises de Jesus Pereira e Laboissiere (1997). Esta diferença se deve ao fato da formulação utilizada ser isenta de queijo, o que favorece a dieta de consumidores com problemas relacionados à ingestão de cálcio (problemas renais). Outra causa para esta variação é o escaldamento, quando uma fração dos lipídeos pode formar um complexo com o amido (Morrison et al., 1993). A fração lipídica que fica livre, ou seja, que não está ligada às macromoléculas do amido, pode ser exsudada durante o assamento.

Não foi determinado o teor de fibras por causa do insignificante valor deste componente no principal ingrediente da mistura, o polvilho azedo, que é de 0,1% segundo Estudo...(1977).

Os teores de cinzas apresentaram-se acima da média de marcas comerciais analisadas por Jesus Pereira e Laboissiere (1997). Esta variação pode ser devida a diferenças nas formulações, principalmente quanto ao teor de sal (cloreto de sódio), farinhas utilizadas e também devido às variações no leite.

O teor proteico apresentou valores abaixo daqueles de marcas comerciais fato de a formulação ser isenta de queijo. As principais fontes de proteína foram o leite desnatado e a farinha de milho.

TABELA 7 Composição do pão de queijo assado elaborado com gordura fracionada na proporção de 300 g /kg de polvilho azedo

| constituintes (%) | <i>mínimo</i> | valor médio | <i>máximo</i> |
|-------------------|---------------|-------------|---------------|
| umidade | 30,45 | 30,64 | 30,84 |
| cinzas | 5,08 | 6,09 | 7,17 |
| lipídeos | 15,11 | 17,46 | 19,61 |
| proteína | 5,60 | 5,78 | 5,95 |

4.7 Resultados de análise sensorial dos pães de queijo elaborados com gordura fracionada

4.7.1 Teste triangular

Foram estudados os seguintes tratamentos: (i) controle (pão de queijo elaborado com gordura anidra não fracionada), (ii) pão de queijo com gordura fracionada a 22°C, (iii) pão de queijo com gordura fracionada a 25°C e (iv) pão de queijo com gordura fracionada a 28°C.

Pela Tabela 8, observa-se que nenhum dos tratamentos que utilizaram gordura fracionada pode ser considerado semelhante ao controle. Os tratamentos em que foram utilizadas diferentes frações de gordura não demonstraram

alterações detectáveis pelos provadores quando as frações foram obtidas em temperaturas próximas (22°C x 25°C e 25°C x 28°C). Por outro lado, houve diferença significativa entre os tratamentos com teores de gordura fracionada a temperaturas mais distantes (22°C x 28°C).

TABELA 8. Resumo dos resultados obtidos nos testes Triangular (teste de diferença) e de preferência a um nível de significância ($P < 0,05$)

| Tratamentos | 22% | 25% | 28% | Ordem de preferência |
|-------------|------|------|------|----------------------|
| Controle | * | * | * | 3° |
| 22% | — | n.s. | * | 1° |
| 25% | n.s. | — | n.s. | 2° |
| 28% | * | n.s. | --- | 2° |

* significativo

n.s. não significativo

4.7.2 Atributos sensoriais do pão de queijo

Para a avaliação de alguns atributos sensoriais dos pães de queijo elaborados nesse trabalho, foram escolhidos aqueles fabricados com a gordura fracionada a 22°C, por ser esse o processo de fracionamento mais rigoroso. Dessa forma, se o uso desse ingrediente não prejudicar essas características, fica tecnicamente evidente que a utilização de gordura do leite fracionada é uma técnica adequada.

Neste trabalho o uso de gordura fracionada teve como principal objetivo verificar se esse ingrediente traria algum problema principalmente para as características físicas do pão de queijo, pois a utilização de lipases para intensificar o aroma, é uma etapa a ser avaliada em trabalhos futuros.

Os dados apresentados na Tabela 9 indicam que todos os atributos estudados para o pão de queijo elaborado com gordura do leite fracionada a

22°C encontram-se dentro dos valores normais, com exceção do “sabor a queijo”.

TABELA 9 Valores (0 a 15 pontos) médios do perfil sensorial de cada atributo avaliado no produto com gordura fracionada a 22°C

| CASCA | | | MIOLO | | | ODOR | | SABOR | | |
|-------|-----------|-------------|-------|----------|--------------|--------|----------|--------|----------|----------|
| Cor | Espessura | Resistência | Cor | Interior | Elasticidade | Queijo | Manteiga | Queijo | Manteiga | Residual |
| 6,3 | 6,3 | 6,74 | 7,12 | 9,77 | 7,12 | 4,06 | 7,03 | 3,72 | 6,83 | 3,26 |

Assim, é tecnicamente viável a utilização deste ingrediente, uma vez que o sabor pode ser intensificado com a utilização de lipases comerciais. Essas lipases agem principalmente na ligação *Sn-3* do trigliceride, onde estão mais concentrados os ácidos graxos de cadeia curta, responsáveis pelo aroma da gordura do leite.

4.7.3 Teste de preferência

Os resultados dos testes lançados na tabela de Newell e MacFerlane mostraram que a maior preferência ficou com o produto fabricado com gordura fracionada a 22°C, seguido dos produtos fabricados com gordura fracionada a 25°C e 28°C os quais não apresentam diferença de preferência entre si, e, por último, o produto controle.

Fica claro após a análise dos resultados que a utilização da gordura do leite fracionada é viável, permitindo a elaboração de pão de queijo com as mesmas características físico-químicas

dos produtos fabricados de forma tradicional, sendo possível aumentar o sabor e odor, pela utilização de lipases.

Nutricionalmente isso seria muito vantajoso, principalmente pela substituição total ou parcial do queijo, o que seria interessante para pessoas que possuem problemas renais e não podem consumir queijos, devido a esses conterem grande quantidade de cálcio.

5 CONCLUSÕES

Com base nas condições experimentais e nos dados obtidos, pode-se concluir que:

- O perfil dos ácidos graxos da gordura do leite foi modificado pelos processos de fracionamento. Quanto mais baixa a temperatura de fracionamento, maior foi a concentração de ácidos graxos de cadeia curta e de cadeia longa insaturada.
- As gorduras fracionadas a 22°, 25°, e 28°C, utilizadas como ingrediente na fabricação, não alteraram as composições físico-químicas do pão de queijo.
- Os provadores de pão de queijo elegeram como preferida, por meio de testes de análise sensorial, a formulação contendo a gordura fracionada a 22°C.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, L.R. **Factors affecting the biosynthesis of branched-chain fatty acids in milk fat.** Madison: University of Wisconsin, 1993. 163p. (Doctorate thesis in food science).
- AMERICAM ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Aproved methods of American Associaton of Cereal Chemists.** 7.ed. St Paul, Minnesota: [s.n.}, 1976. v. 1/2.
- AMERINE, M. A.; PANGBORN, R. M.; ROESSLER, E. B. **Principles of sensory evaluation of foods.** Orlando: Academic Press, 1965. 602 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICS CHEMISTS-AOAC. **Official methods of analysis.** 13.ed. Washington, D. C.: AOAC, 1980. 1094 p.
- BELLO-PEREZ, L.A.; PAREDES-LÓPEZ, O. **Effects ot solutes on retrogradation of stored starches and amylopectins a calorimetric study.** *Starch*, v. 47, p. 83-86, April 1995.
- BLACK, A. L.; BERGMAN, J.W.; HARTMAN, G. P. **Safflower production guidelines. capsule - inf - ser - mont - agric - exp.** Stn Bozeman, mount the Station n.8, p 3. abril, 1975.
- BODYFELT, F. W. **Dairy products score cards; are they consistent with principlies of sensory evaluation.** *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 64, n.11, p. 3203-3308, 1981.
- BOUDREAU, A.; ARUL. J. **Cholesterol reduction and fat fraction technologies for milk fat an overview.** *Journal of Daire Science*, Champaign, v.76, p. 1772-1781, June 1993.
- BRANDT, D. A.; SKINNER, E. Z.; COLEMAN, J. A. **Texture profile method.** *Journal of Food Science*, Chicago, v.28 n.3, p. 404-410, 1963.
- CAUL, J. F. **The profile method of flavor analysis.** In: MRAK, E. M.; STEWART, G. F. **Advances in food research.** New York: Academic Press, 1957. p.1-40.

- CEREDA, M. P. Avaliação da qualidade de duas amostras de fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo) **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia**, v.17, n.3, p.305-320, 1983.
- CEREDA, M. P.; GIAJ-LEVRA, L. A. Constatação de bactérias não simbióticas fixadoras de nitrogênio em fermentação natural da fécula de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz da Almas, v.6, n.1, p.29-33, 1987.
- CHAVES, J. B. P. **Análise sensorial: glossário**. Viçosa, MG; UFV, 1993. 27 p.
- CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa, MG; UFV, 1993. 81 p.
- CHIANG, B. Y; JOHNSON, J. A. Measurement of total and gelatinized starch by glucoamylase and o-toluidine reagent. **Cereal Chemistry**, v.54. p.429-435, April, 1977.
- CHUZEL, G. Desarrollo de una prueba de evaluacion de la calidad del almidon ágrico de yuca. In: TALLER "AVANCES SOBRE ALMIDON DE YUCA" Cali, Resumenes ... Colômbia.; CIRAD/CEEMAT-CIAT, 1991.
- CIACCO, C.F., CRUZ, R. **Fabricação do amido e sua utilização**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 1982. 152p. (Série Tecnologia Industrial)
- COLLISON, R. **Starch retrogradation**. In: RADLEY, J.A. Industrial uses of starch and its derivatives.. London Aplied Science. 1976. 268p.
- COLLISON, R. **Swelling and gelation of starch**. In: RADLEY, J.A. Industrial uses of starch and its derivatives.. London: Aplied Science. 1976. 268p.
- ESTUDO NACIONAL DE DESPESA FAMILIAR-ENDEF **Tabela de composição dos alimentos**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1977 201 p.
- FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T.C.A.; PETTINELLI, M. L. C. V.; SILVA, M. A . A. P.; BARBOSA, E. M. M. **Análise sensorial, testes discriminativos e afetivos**. 1.ed., São Paulo 1999. 250 p. (Manual - Série Qualidade).
- GILLETTE, M. Applications of descriptive analysis. **Journal of Food Protection**, Ames, v.47, n.5, p.403-409, 1984.

- GOMES, M.H.; e AGUILERA, J.M. Changes in the starch fraction during extrusion-cooking of com. **Journal of Food Science**, Chicago, v.48, n.2, p.378-381, Mar./Apr. 1983.
- GRESTI, J.; BUGAUT, M.; MANIONGUI, L.; BELARD, J. Composition of molecular species of triacylglycerols in bovine milk fat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.7, p.1850 - 1869, July, 1993.
- HANSEN, A. P.; SWARTZEL, K. R.; GIESBRETCH, F. G. Effect of temperature and time of process and storage on consumer acceptability of ultra-high-temperature steam injected whole milk. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.63, n.2, p.187-192, 1980.
- HERSCHDOERFER, S. M. **Quality control in the food industry**. 2.ed. London: Academic Press, 1991. v.1.
- INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS - IFT. Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. **Food Technology**, Chicago, v.35, n.11, p.50-59, 1981.
- JESUS, C.C.; PEREIRA, A. J.C.; LABOISSIERE, L.H.E.S. Influência do congelamento na qualidade do pão de queijo In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 1997, Campinas. **Resumos...**, Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1997. p.189.
- JESUS, C.C.; PEREIRA, A. J.C.; LABOISSIERE, L.H.E.S. Influência do tipo de polvilho e da mistura de escaldamento na qualidade do pão de queijo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15., 1996, Poços de Caldas. **Resumos...**, Poços de Caldas: 1996. p.105.
- KAYLEGIAN, K. E.; HARTEL, R. W; LINDSAY, R. C. Applications of modified milk fat in food products. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.6, p.1782-796, June 1993.
- KAYLEGIAN, K.; LINDSAY, R. C. **Handbook of milkfat fraction technology and application**. Champaign, Illinois: AOCS Pres, 1994. 662p.
- LARSON-POWERS, N.; PANGBORN, R. M. Descriptive analysis of the sensory properties of beverages and gelatins containing sucrose or synthetic sweeteners. **Journal of Food Science**, Chicago, v.12, n 43, p.17-26, 1978.

- LELIEVRE, J. Starch functionality and applications. **Food Science Technology Today**, v.6. p.234-237, 1993.
- LUDDY, F.E.; BARFORD, R.A.; RIEMENSCHNEIDER, R.W. Direct conversion of lipid components to their fatty acid methyl esters. **The Journal of American Oil Chemist's Society**, Philadelphia, v.37, n.7, p.447-450, Sept. 1960.
- LYNE, F. A. Chemical analysis of raw and modified starches In: RADLEY, J. A. **Examination and analysis of starches and products**. London: Applied Science Publishers. , 1976. cap.5 p.133-166.
- MORRISON, W.R. ; TESTER, R.F.; SNAPE, C.E.; LAW, R.; GIDLEY, M.J. Swelling and gelatinization of cereal starches. IV. Some effects of lipid-complexed amylose and free amylose in waxy and norma barley starches. **Cereal Chemistry**,. v.70, p.385-391, 1993.
- MUELENAERE, H.J.H. de; BUZZARD, J.L. Cooker extruders in service of world feeding. **Food Technology**, Chicago, v.23, n.3, p.345-351, Mar. 1969.
- NOVA legislação de produtos lácteos e de alimentos para fins especiais, diet, light e enriquecidos. Fonte Comunicação e Editora, São Paulo, 1998. 212 p.
- PALMQUIST, D. L.; BEAULIEU, A. D.; BARBAND, D. M. Feed and animal factors influence milk fat composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.6, p.1753-1771, June 1993.
- PANGBORN, R. M. Selected factors influencing sensory perception of sweetness. In: SWEETNESS, J.D. (Ed.). **Sensory Evaluation of Foods** Washington. Spring,. 1987. p. 141-152.
- PEREIRA, A.J.G.; JESUS, C.C.; LABOSSIÈRE, L.H.E.S. Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial do pão de queijo. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIENCIA DE ALIMENTOS, 1995, Campinas. **Resumos** Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 1995. p.63.
- PERYAM, D. R., PILGRIM, F. J. Hedonic scale method of measuring food preferences. **Food Technology**, Chicago, v.11, n.9, p.9-14, 1957.
- PHILLIPS, L. G.; McGIFF, M. L.; BARBANO, D. M.; LAWLESS, H. T. The influence of fat on the sensory properties, viscosity, and color of low fat milk. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.78, n.6, p.1258, June 1995.

- POMERANZ, Y. **Functional properties of food components**. New York: Chapman e Hall, 1985. 536p.
- POTTER, N.N **Food Science**. 5.ed. Newyon: AcademicPress, 1995. 713p.
- RADLEY, J.A. **Industrial uses of starch and its derivates**. London: Applied Science, 1976. 268 p.
- ROSARIC, N.; DUONG, T. B.; SVRCEK, W. Y. A statistical approach to the subjeteve and objetive measurements of odors induced by δ -irradiation of beef fat. **Journal of Food Science**, Chicago, v.38, n.5, p.369-373, 1973.
- SAWYER, F. M. The judging of food quality - a consideration of uniform scoring. **Food Technology**, Chicago, v.25, n.247, p.51-52, 1971.
- SHETFY, R.M.; LINEBACK, D.R.; SEIB, P.A. Determining the degree of starch gelatinization. **Cereal Chemistry.**, v.48, p.365-375, 1974.
- SIDEL, J. L.; STONE, H.; BLOMMQUIST, J. Use and misuse of sensory evaluation in research and quality control. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.64, n.11, p.2296-2302, 1981.
- SILVA, C.E.M. **Cinética da gelatinização do amido de trigo**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1991. (Tese - Mestrado em Tecnologia de alimentos).
- STEWART, R. A. Sensory evaluation and quality assurance. **Food Technology**, Chicago, v.25, n.401, p.103-106, 1971.
- STONE, H.; SIDEL, J., OLIVER, E. R. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Chicago, v.28, n11, p.24-34, 1974.
- TEIXEIRA , E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: Universidade Feferal de Santa Catarina, 1987. 180 p.
- TESTER, R.F.; MORRISON, W.R. Swelling and gelatinization of cereal starches: I. Effects of amylopectin, amylose and lipids. **Cereal Chem.**, v.67, p.551-557, 1990.

- VALETUDIE, J.C.L.G.; COLLONA, P.; BOUCHET, B.; GALLANT, D.J. Gelatinization of sweet potato, tania and yam tuber starches. **Starch**, v. 47, p.298-306, 1995
- VILELA, E.R.; FERREIRA, M.E. Tecnologia de produção e utilização do amido de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, p.69-74, 1987.
- WILLIAMS, A. A.; LANGRON, S. P. The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports. **Journal of Food Science**, Chicago, v.21, n.35, p.558-568, 1984.
- XU, A.; SEIB, P.A. Structure of tapioca pearls compared to starch noodles from mung beans. **Cereal Chemistry**, v. 70, p 463-470. 1994.
- ZIEMBA, J.V. Food starches. **Food Technology**. Chicago v.37. p.71-79. 1965.

ANEXOS

| ANEXO A | | Página |
|-----------|---|--------|
| TABELA 1A | Composição de ácidos graxos como referência na gordura do leite | 06 |
| TABELA 2A | Requisitos de qualidade da gordura anidra do leite " <i>butteroil</i> " | 08 |
| TABELA 3A | Temperatura de gelatinização de diferentes tipos de amido | 17 |
| TABELA 4A | Valores médios, mínimos e máximos do pH e acidez titulável das farinhas utilizadas na confecção do pão de queijo | 40 |
| TABELA 5A | Valores médios, mínimos e máximos de umidade, cinzas e lipídeos das farinhas utilizadas na confecção do pão de queijo..... | 41 |
| TABELA 6A | Perfil dos ácidos graxos da gordura do leite anidra integral (<i>Butteroil</i>) e fracionada a 28°, 25° e 22° C | 42 |
| TABELA 7A | Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia longa saturada na gordura do leite | 47 |
| TABELA 8A | Resumo dos resultados obtidos nos testes triangular (teste de diferença) e de preferência a um nível de significância ($P < 0,05$)..... | 48 |
| TABELA 9A | Valores (0 a 15 pontos) médios do perfil sensorial de cada atributo avaliado no produto com gordura fracionada a 22°C | 49 |

| | | |
|------------|--|----|
| FIGURA 1B | Estrutura química do triacilglicerol | 04 |
| FIGURA 2B | Processo de separação da gordura do leite por diferenças de pontos de fusão | 27 |
| FIGURA 3B | Filtração da gordura líquida na fração desejada (28°C ; 25°C ou 22°C) com auxílio de bomba de vácuo | 28 |
| FIGURA 4B | Temperaturas de fracionamento da gordura anidra do leite | 29 |
| FIGURA 5B | Fluxograma do processo de fabricação do pão de queijo | 31 |
| FIGURA 6B | Ficha-resposta empregada na seleção de provadores (Método Amplitude-Escala) | 34 |
| FIGURA 7B | Ficha de resposta para Teste Triangular | 36 |
| FIGURA 8B | Preparação das amostras de pão de queijo com sorteio aleatório em cada lote de três amostras para execução do Teste Triangular | 37 |
| FIGURA 9B | Amostra disposta em cabine individual com ficha de resposta para execução do teste triangular | 38 |
| FIGURA 10B | Provadora selecionada e treinada para a análise sensorial | 38 |
| FIGURA 11B | Modelo de ficha utilizada para o teste de preferência | 39 |
| FIGURA 12B | Rendimento da manteiga em <i>butteroil</i> | 41 |
| FIGURA 13B | Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia curta na gordura anidra do leite (<i>butteroil</i>) e fracionadas a 28°, 25° e 22°C | 44 |

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| FIGURA 14B | Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia longa insaturada na gordura do leite | 45 |
| FIGURA 15B | Porcentagem dos ácidos graxos de cadeia longa saturada na gordura do leite | 46 |

| | | |
|------------------|---|-----------|
| QUADRO 1C | Fatores que influenciam a aceitação e a preferência de um produto pelo público | 23 |
|------------------|---|-----------|

