



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

JUCYANNE CARVALHO VIEIRA

**CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA FÉCULA DE
MANDIOCA PRODUZIDA NO PARÁ PARA O
BENEFICIAMENTO DE PRODUTOS DE
PANIFICAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena

BELÉM

2007

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Setorial do Curso de Mestrado em Engenharia Química

Vieira, Jucyenne Carvalho

Caracterização e utilização da fécula de mandioca produzida no Pará para o beneficiamento de produtos de panificação / Jucyenne Carvalho Vieira; orientador, Rosinelson da Silva Pena.- 2008

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos , 2007

1Mandioca 2 Mandioca- amido 3. Amido 4 Panificação I. Título

CDD 22.ed. 664.23098115



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

JUCYANNE CARVALHO VIEIRA

**CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA FÉCULA DE MANDIOCA
PRODUZIDA NO PARÁ PARA O BENEFICIAMENTO DE PRODUTOS
DE PANIFICAÇÃO**

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena
Orientador – FEA/ITEC/UFPA**

**Dr^a. Ana Vânia Carvalho
Membro – (Embrapa/CPATU)**

**Prof^a. Dr^a. Alessandra Santos Lopes
Membro – FEA/ITEC/UFPA**

**Prof^a. Dr^a. Lucia de Fátima H. Lourenço
Membro – FEA/ITEC/UFPA**

Dedico este trabalho a meus pais Julimar e Maria de Jesus, a minha irmã Nara, a minha sobrinha Beatriz e a meu noivo Laércio por todo amor, carinho, apoio e incentivo. A vocês dedico mais esta conquista.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me amparado nos momentos mais difíceis e sempre me acompanhar nessa minha jornada.

Aos meus pais, que sempre me incentivaram a buscar meus objetivos e hoje com todo apoio deles estou concluindo mais uma etapa muito desejada em minha vida. Obrigada é muito pouco a quem sempre teve muito a dar.

A minha irmã, Nara e minha sobrinha amada Beatriz, pelo apoio, amor e por estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida.

Ao meu noivo Laércio pelo companheirismo, amor, amizade, compreensão e presenças constantes e essenciais na realização desta pesquisa. Hoje divido com você esta imensa alegria.

Ao Professor Dr. Rosinelson Pena pela orientação, ensinamentos, amizade, incentivos constantes e pela contribuição ao meu crescimento profissional. Meu mais sincero muito obrigada por ter tido o privilégio de sua orientação.

A Professora Dr. Alessandra Lopes pela amizade, sugestões, incentivo desde o início deste trabalho e disponibilidade em todos os momentos. Aqui registro mais que um agradecimento, mas minha admiração pela pessoa e profissional que é.

As Professoras M.Sc. Elisa Neves e Lúcia Lourenço pelo auxílio do material técnico fornecido e contribuição durante o desenvolvimento do trabalho.

A CAPES, pela concessão da bolsa possibilitando a dedicação ao curso.

A Universidade Federal do Pará (UFPA), em especial o Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos e aos professores pela oportunidade concebida para realização do Mestrado.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) pela realização das análises reológicas das farinhas, em especial aos pesquisadores Silvia Helena Savoia Biondi, Flávio Martins Montenegro e Cristiane Rodrigues Gomes, da CEREAL CHOCOTEC.

A todos os meus amigos do Mestrado, em especial a Elka Leitão, Emanuelle Lobato, Carissa Bichara pelas palavras de motivação e amizade.

A todos meus amigos do Laboratório de Fermentação, em especial a Vanessi, Kleidson e Aretha, que sempre me ajudaram na parte experimental do trabalho.

A Dona Rosa pela amizade, conselhos e carinho a mim dedicados desde o início da minha graduação.

Ao Senhor Mário Carneiro pelo auxílio nas análises físico-químicas.

A todos que acreditaram em mim e se dispuseram a me ajudar durante a realização deste trabalho.

RESUMO

A fécula de mandioca é o produto mais nobre extraído da raiz da mandioca e sua utilização se dá em mais de mil segmentos. A fécula agrega valor a mandioca, gera emprego e renda, e tem ainda a possibilidade de se tornar obrigatório a adição da mesma à farinha de trigo destinada a indústria de panificação, através de um projeto que tramita no congresso desde 2000. O objetivo deste trabalho é contribuir para o fortalecimento da agricultura paraense, através do incentivo à produção da mandioca no estado do Pará, com agregação de valor através da produção de fécula de mandioca. Foi estudada a viabilidade de substituição de parte da farinha de trigo, pela fécula de mandioca, em produtos que são preparados a base de farinha de trigo, como: pão francês, pão de chá e biscoito doce. Amostras de fécula de mandioca, farinha de trigo e farinhas mistas contendo 5, 10 e 15% de fécula de mandioca foram comparadas físico-quimicamente. Os diferentes produtos, elaborados com farinha de trigo e com as três farinhas mistas, foram submetidos a avaliação físico-química e sensorial, sendo observado que a adição de fécula interferiu sobre características físicas e sensoriais dos mesmos. O teste sensorial aplicado foi o de aceitabilidade, utilizando escala hedônica de nove pontos e provadores não treinados. O pão francês e o pão de chá, elaborados com farinha mista contendo 5% e 10% de fécula de mandioca, apresentaram características de volume e maciez adequadas, e uma aceitação muito boa. Para o biscoito doce, o produto que apresentou os melhores atributos e uma maior aceitação pelos provadores foi a formulação elaborada com farinha mista contendo 15% de fécula de mandioca. Desta forma constatou-se a viabilidade de elaboração dos três produtos estudados com farinha mista, na qual parte da farinha de trigo é substituída pela fécula de mandioca.

ABSTRACT

The cassava starch is the noblest product extracted of the root of the cassava and it can be used in more than a thousand segments. It adds value the cassava, generates job and income, and still has the possibility of its addition to wheat flour destined to the industry, becomes an obligation, by means of a project that moves in the Brazilian Congress since 2000. The main objective of this work is to contribute for the enrichment of Pará's agriculture, through the incentive to the production of the cassava, with aggregation of value through the production of cassava starch. The viability of substitution of part of the wheat flour was studied, for the cassava starch, in products that are prepared with wheat flour, as: French bread, tea bread and sweet biscuit. Samples of cassava starch, wheat flour and blended flours of 5, 10 and 15% of cassava starch underwent physical-chemical analyses. The different products, elaborated with wheat flour and three blended flours, had been submitted to the sensorial and physical-chemical evaluation and, it was observed that the addition starch interfered on physical and sensorial characteristics of the same ones. It was applied a acceptability test, using the hedonic scale of nine points and not trained tasters. The French and tea breads, elaborated with blended flour containing 5% and 10% of cassava starch, showed adequate characteristics of volume and softness, and a very good acceptance. In the case of the sweet biscuit, the product that presented the best attributes and a bigger acceptance within the tasters was the formularization elaborated with the blended flour containing 15% of cassava starch. Therefore, there was evident viability of elaboration of the three products studied with blended flour, in which part of the wheat flour is substituted by the cassava starch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produção anual de fécula de mandioca no Brasil em milhões de toneladas.....	20
Figura 2. Estrutura química da: (a) amilose e (b) amilopectina.....	25
Figura 3. Formação da rede protéica.....	27
Figura 4. Detalhes da conformação do pão francês: (A) massa modelada e (B) massa após a fermentação.	41
Figura 5. Detalhes da conformação do pão de chá: (A) massa modelada e (B) massa após a fermentação.	42
Figura 6. Fluxograma básico utilizado na elaboração dos pães tipo francês e de chá.....	42
Figura 7. Fluxograma básico utilizado na elaboração do biscoito doce.....	43
Figura 8. Ficha utilizada no Teste de Aceitação.	49
Figura 9. Ficha utilizada no Teste de intenção de compra.	49
Figura 10. Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	54
Figura 11. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das farinhas mistas.....	55
Figura 12. Microscopia do pão francês.....	55
Figura 13. Análise térmica gravimétrica e análise térmica diferencial	56
Figura 14. Aspecto do miolo do pão francês	58
Figura 15. Aspecto do miolo do pão de chá	60
Figura 16. Aparência física dos biscoitos doce.....	62
Figura 17. Diagramas de barras para o teste de aceitação aplicado ao pão francês.....	64
Figura 18. Intenção de compra para o pão francês.	66
Figura 19. Diagramas de barras para o teste de aceitação aplicado ao pão de chá.....	68
Figura 20. Intenção de compra para o pão de chá.	69
Figura 21. Diagrama de barras para o teste de aceitação aplicado aos biscoitos doce.....	71
Figura 22. Intenção de compra para o biscoito doce.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. O consumo de mandioca e seus produtos	18
Tabela 2. Porcentagem de produtos obtidos a partir da fécula de mandioca.	20
Tabela 3. O consumo domiciliar de mandioca nas regiões metropolitanas do Brasil.	21
Tabela 4. Composição química do amido de mandioca nativo.	24
Tabela 5. Temperatura de gelatinização de suspensões de diferentes tipos de amidos e féculas, com concentração de 8%.	25
Tabela 6. Características de grânulos de amido e fécula nativos.	25
Tabela 7. Formulações utilizadas no preparo da farinha para elaboração de pão francês, pão de chá e biscoito doce.	40
Tabela 8. Formulação utilizada para elaboração dos pães do tipo francês e de chá.....	40
Tabela 9. Formulação utilizada para elaboração do biscoito doce.....	43
Tabela 10. Composição média e qualidade tecnológica das farinhas utilizadas no beneficiamento dos produtos da panificação.....	51
Tabela 11. Farinograma da farinha de trigo e das farinhas mistas.	53
Tabela 12. Alveograma da farinha de trigo e das farinhas mistas.....	53
Tabela 13. Características físico-químicas das formulações de pão francês.....	57
Tabela 14. Características físicas do pão francês.....	57
Tabela 15. Características físico-químicas das formulações de pão de chá.....	59
Tabela 16. Características físicas do pão de chá.....	60
Tabela 17. Características físico-químicas das formulações de biscoito doce.	61
Tabela 18. Características físicas do biscoito doce.	62
Tabela 19. Resultados das análises microbiológicas dos pães francês, pão de chá e biscoito doce.....	63
Tabela 20. Índice de aceitação (IC) para as diferentes formulações de pão francês.....	64
Tabela 21. Índice de aceitação para as diferentes formulações de pão de chá.....	67
Tabela 22. Índice de aceitação para as diferentes formulações de biscoito doce.....	70

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A MANDIOCA.....	15
2.1.1. Aspectos agro-econômicos.....	16
2.1.2. Produção nacional	19
2.1.3. Industrialização e utilização da mandioca	21
2.1.4. Características do amido e da fécula.....	23
2.2. A FARINHA DE TRIGO	26
2.3. FARINHA PANIFICÁVEL.....	27
2.3.1. Qualidade da farinha	27
2.3.2. Farinha mista	28
2.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE O PÃO	29
2.4.1. Industrialização do pão.....	29
2.4.2. Consumo de pães.....	30
2.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE O BISCOITO.....	31
2.5.1. Industrialização do biscoito	31
2.5.2. Formação do biscoito	32
2.6. INGREDIENTES UTILIZADOS EM MASSAS PANIFICÁVEIS.....	34
3. MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1. MATÉRIAS-PRIMAS.....	39
3.2. EQUIPAMENTOS.....	39
3.3. ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS.....	39
3.3.1. Preparação da farinha panificável	39
3.3.2. Considerações gerais	40
3.3.3. Elaboração dos pães.....	40
3.3.4. Elaboração do biscoito doce.....	43
3.4. CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E PRODUTOS	44
3.4.1. Análises físico-químicas.....	44
3.4.2. Análise térmica das farinhas	45
3.4.3. Análises morfológicas	45
3.4.4. Avaliação microbiológica	46
3.4.5. Determinação da cor	46

3.4.6. Determinação da atividade de água.....	46
3.4.7. Farinograma.....	47
3.4.8. Alveograma	47
3.4.9. Falinng number.....	47
3.4.10. Análise sensorial	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
4.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E REOLÓGICA DAS FARINHAS	51
4.2. ANÁLISE MORFOLÓGICA DAS FARINHAS E PRODUTOS.....	53
4.3. ANÁLISE TÉRMICA DAS FARINHAS.....	54
4.4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS PRODUTOS	57
4.4.1. Caracterização do pão francês.....	57
4.4.2. Caracterização do pão de chá	59
4.4.3. Caracterização do biscoito doce.....	61
4.5. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	63
4.6. ANÁLISE SENSORIAL	63
4.6.1. Avaliação sensorial do pão francês.....	63
4.6.2. Avaliação sensorial do pão de chá	67
4.6.3. Avaliação sensorial do biscoito doce.....	70
5. CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS.....	74

1. INTRODUÇÃO

A construção conceitual e a prática da sustentabilidade na Amazônia representam um desafio fundamental: apontam para novos modelos de desenvolvimento, que integram os recursos naturais e implicam em profundas transformações sociais (DROULERS, 1995). Neste sentido, um esforço permanente deve ser feito na articulação entre os cientistas, iniciativa privada e os formuladores de políticas públicas.

A mandioca é um dos produtos agrícolas mais dinâmicos e prevalece o errôneo pensamento que seja apenas um produto de subsistência. Diferente disso, a raiz da mandioca é uma importante matéria-prima industrial. A fécula de mandioca é o produto mais nobre extraído da raiz e sua utilização se dá em mais de mil segmentos, sendo utilizada na indústria alimentícia, de plásticos e siderurgia (CEPEA, 2007).

A fécula de mandioca, conhecida também, em algumas regiões brasileiras, como polvilho doce ou goma, é um pó fino, branco, inodoro, insípido, que produz ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos. É um polissacarídeo natural, da família química dos carboidratos constituídos de cadeias lineares (amilose) e cadeias ramificadas (amilopectina). É obtida a partir das raízes da mandioca, após descascamento, trituração, desintegração, purificação, peneiramento, centrifugação, concentração e secagem (CAMARGO et al., 1989).

A utilização da fécula de mandioca, em substituição a farinha de trigo, na fabricação de alguns produtos como pão, macarrão e biscoito, tem sido tema de muitas pesquisas realizadas por órgãos oficiais e assunto de reportagens em revistas especializadas. Já existe, em alguns estados, leis que obrigam a adição da fécula de mandioca à farinha de trigo, na indústria da panificação.

Tramita no Congresso Nacional, desde 2000, um projeto de Lei do Deputado Aldo Rebelo que torna obrigatória a adição de 10% da fécula de mandioca à farinha de trigo. Este projeto, se aprovado, poderia representar uma economia de 90 milhões dólares/ano; valor este que o Brasil deixaria de gastar com a compra de trigo importado (BEZERRA, 2004). Além disso, deflagraria mudanças significativas na mandiocultura brasileira.

Em dezembro de 2006 o projeto de lei 4.679/01, do deputado federal Aldo Rebelo, foi aprovado com modificações. A matéria aprovada estabelece que o governo cobre dos moinhos de trigo a obrigatoriedade da adição de 10% de amido

de mandioca em farinhas utilizadas na produção de massas, biscoitos, bolachas, pão francês, entre outros itens de panificação, destinadas a programas governamentais como a merenda escolar e creches e à alimentação do Exército Brasileiro (ABAM, 2007).

O Mato Grosso do Sul foi o primeiro estado a tornar obrigatória a adição da fécula de mandioca na farinha de trigo destinada à panificação, por meio de lei estadual. Outros estados com grande número de fecularias, com capacidade ociosa de até 50%, podem de imediato entrar neste novo nicho de mercado, que acena para a mandiocultura nacional; garantindo comercialização para o produto. Enquanto estados como o Pará, precisam ainda investir em fecularias para fazer frente a este novo desafio (CARDOSO, 2004).

A possibilidade de utilizar derivados de mandioca em substituição à farinha de trigo, em produtos de panificação, já vem sendo estudada há algum tempo. Sua importância reside no fato de que a mandioca é uma cultura pouco exigente, presente em quase todo o território nacional e cujo processamento é bastante conhecido, sendo realizado em condições desde as mais rudimentares até linhas industriais automatizadas.

A utilização de farinhas mistas em panificação vem sendo estudada também por outros países, como Canadá e Gana, entre outros, obtendo resultados bastante interessantes. É possível substituir parte da farinha de trigo por outras farinhas ou féculas, obtendo produtos de ótima qualidade e aceitação, como já foi comprovado em diversos estudos. Em alguns casos, o produto confeccionado com farinhas mistas foi mais bem aceito que os convencionais. No caso da fécula de mandioca, a substituição recomendada tecnicamente para pães varia de 10 a 15%, calculado sobre o peso da farinha. O uso de farinhas mistas não exige mudanças substanciais nos esquemas de produção, mantendo as características normais do produto (CEREDA, 2002).

A mandioca é uma planta que pode ser aproveitada integralmente. Das raízes são produzidos diversos tipos de farinhas para consumo humano; dos resíduos do processamento das raízes, bem como da parte aérea da planta (ramos e folhas) faz-se adubo e ração para alimentação animal (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

O Pará é o maior produtor brasileiro de mandioca, com 4,3 milhões de toneladas por ano, seguido pela Bahia (4,1), Paraná (2,4), Rio Grande do Sul (1,3) e Maranhão (1,2). No que se refere à fécula, o Paraná segue disparado na dianteira

do *ranking* nacional, com 72% da produção brasileira, à frente do Mato Grosso do Sul, com 19,5%; São Paulo, com 6,2% e Santa Catarina, com 2,3% (BEZERRA, 2004).

A participação da mandioca na panificação, no estado do Pará, irá gerar mais emprego e renda no campo, valorizando uma cultura de origem brasileira, com grande potencial para ser integrada vertical e horizontalmente, com os demais setores da economia. Porém, há necessidade de se estimular, através de financiamentos, a implantação de um número de fecularias no estado, suficientes para atender a crescente demanda de fécula que deverá ocorrer, reduzindo assim a importação da fécula de mandioca do Paraná.

O objetivo deste trabalho é contribuir para o fortalecimento da agricultura paraense, através do incentivo à produção da mandioca no estado do Pará, com agregação de valor através da produção de fécula de mandioca, gerando mais empregos e renda no campo. Foi estudada a viabilidade de substituição de parte da farinha de trigo, pela fécula de mandioca, em produtos que são preparados a base de farinha de trigo, como pão francês, pão de chá e biscoito doce.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A MANDIOCA

Apesar da importância da mandioca, um dos fatores que limita seu cultivo é a dificuldade encontrada em conservar as raízes após a colheita. A raiz *in natura* é um produto altamente perecível, que deve ser consumido em curto prazo (1 a 3 dias); seja a nível doméstico ou industrial (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

Originária do Brasil, seu nome científico é *Manihot esculenta* Crantz; pertence a família das *Euphorbiaceae*. É conhecida popularmente como mandioca, macaxeira, aipim e seu nome em inglês é cassava. Originária da América do Sul constitui um dos principais alimentos energéticos, para cerca de 500 milhões de pessoas; sobretudo nos países em desenvolvimento, onde é cultivada em pequenas áreas, com baixo nível tecnológico (EMBRAPA, 2000).

Mais de 80 países produzem mandioca, sendo que o Brasil participa com mais de 15% da produção mundial. De fácil adaptação, a mandioca é cultivada em todos os estados brasileiros, situando-se entre os nove primeiros produtos agrícolas do país em termos de área cultivada e o sexto em valor de produção (EMBRAPA, 2000).

As raízes da mandioca são ótima fonte energética, onde estão também presentes compostos cianogênicos potenciais, que oferecem riscos à saúde em caso de processamento inadequado. Em termos tecnológicos, o escurecimento enzimático é um fator importante a ser considerado no processamento. Após a colheita e o descascamento inicia-se esse processo de forma mais intensa, o qual pode ser minimizado através de tratamentos com antioxidantes ou branqueamento. Os principais produtos derivados da mandioca são a farinha seca, a farinha d'água, a fécula ou polvilho doce e o polvilho azedo (EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2003).

A mandioca, além de ser uma cultura de baixo risco, adapta-se aos solos pobres e é considerada absorvedora de mão de obra não especializada, fator importante na fixação do trabalhador no campo (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

A mandioca exerce um importante papel no regime nutricional devido ao seu alto valor energético, sobretudo entre as classes de menor poder aquisitivo. Pode ser utilizada na alimentação animal, quando seca ao sol, na forma de raspa da raiz,

feno de ramas e ensilada. Instituições governamentais estão ampliando suas pesquisas sobre a mandioca a fim de melhorar a produção, a produtividade, a qualidades dos produtos e redução dos custos. A industrialização das raízes da mandioca é uma boa alternativa para agregar valor a essa cultura tradicional do Brasil, diminuindo as perdas pós-colheita, proporcionando maior retorno financeiro aos produtores e a geração de empregos (EMBRAPA, 2003).

É uma cultura de grande expressão socioeconômica na Amazônia, constituindo-se a base alimentar contingente da população. Na década de 80 mais de 90% da produção de raízes era utilizada no beneficiamento da farinha de mesa, através de mão-de-obra familiar (EMBRAPA, 1986). Esta situação basicamente persiste nos dias atuais.

A parte aérea da mandioca é constituída pelas hastes principais, galhos e folhas, em proporções variáveis. É um produto que apresenta um potencial protéico de muita importância, sendo também rico em vitaminas, especialmente A, C e do complexo B. O conteúdo de minerais é relativamente alto, especialmente cálcio e ferro (EMBRAPA, 2003).

Segundo Carvalho, Cabral e Campos (2000) o sistema de raiz de reserva da mandioca pode armazenar, além de amido, o glicogênio. Em geral é preconizado que os grânulos de amido ocorrem apenas nos vegetais e que o carboidrato de reserva correspondente nos animais é o glicogênio.

A cultura da mandioca tem grande importância no Brasil. A produção é transformada em farinha e fécula, gerando uma receita equivalente a 600 milhões de dólares em fécula (FUKUDA, 2001). Há relatos que mostram que 69% das féculas derivadas da mandioca são destinadas a uso alimentício, na forma de produtos cárneos, macarrões, sobremesas, pães, bolos, sopas e balas (FRANCO et al., 2001)

2.1.1. Aspectos agro-econômicos

Na década de 80 o Brasil foi o maior produtor mundial de mandioca, com uma produção estabilizada em torno de 23 milhões de toneladas, somente superada em 1988 pela Tailândia (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

O sistema agroindustrial da mandioca, acompanhando uma tendência observada no agronegócio brasileiro, passa por profundas mudanças estruturais, resultantes de alterações nas políticas governamentais de regulamentação de negócios, da evolução da renda da população brasileira e dos seus hábitos de

consumo de alimentos, além das novas aplicações dos produtos derivados da mandioca, com conseqüente alteração nos padrões de concorrência enfrentados pelas empresas do setor (GARNEIRO et al., 2003).

A cultura da mandioca é uma das mais importantes fontes de carboidratos para os consumidores de renda mais baixa, em países tropicais da América Latina. É produzida principalmente por produtores de pequeno porte, em sistemas de produção complexos, com pouco ou nenhum uso de tecnologia moderna, especialmente agroquímica (CAMARGO et al., 1989).

Os maiores produtores de mandioca no mundo (produção acima de 2 milhões de toneladas) são países em desenvolvimento ou do terceiro mundo. Isso se deve ao fato da mandioca ser uma cultura de subsistência, sem valor comercial significativo em termos mundiais (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

A mandioca apresenta potencialidades para participar de outros mercados alternativos. O amido que pode ser extraído da mesma é tradicionalmente empregado na indústria alimentícia, metalúrgica, mineração, construção, cosmética, farmacêutica, papel e papelão, têxtil, entre outras. Tradicionalmente, a produção de mandioca na Região Norte é orientada para produção de farinha. As indústrias de processamento de farinha, as chamadas “casas de farinha”, são próprias (individuais, às vezes com objetivos empresariais) ou comunitárias (EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2000).

A farinha de raspa de mandioca foi o primeiro produto a ser obrigatoriamente incorporado à farinha de trigo panificável, proporcionando considerável expansão da cultura, o que foi seguido por retração, em virtude do caráter temporário dessa medida. Essa indústria, marcada pela instabilidade, sobreviveu até o início dos anos 70, quando a política de subsídios tornou sua operação inviável (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

Ao longo do tempo a produção de fécula de mandioca foi se modernizando em comparação ao que era característico nos anos 70. Embora o processo de extração se tornasse mais rápido, nem assim o Brasil conseguiu tornar-se mais competitivo no mercado internacional. Os mercados internos e Sul Americano ainda são os principais nichos para o amido de mandioca (CEREDA, 2002).

Nos últimos anos, houve uma intensificação da utilização da fécula em alguns processos industriais, assim como houve maior demanda por produtos, principalmente semi-acabados, que utilizam a fécula como um dos insumos no

processo produtivo. Isso também pôde ser efetuado após alguns setores terem comprovado a melhor qualidade da fécula de mandioca frente a outros amidos (CARDOSO; ALVES; FELIPE, 2004).

Nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, o consumo de amido se restringe basicamente ao uso alimentar direto, na forma de alimentos cozidos ou processados, na forma de farinhas ou outros produtos de elaboração simples ou muitas vezes artesanal. Esse uso é importante porque fornece à população carente a quantidade de calorias diárias necessária à manutenção da energia corporal, sem o qual até a assimilação de proteínas ficaria prejudicada.

Na Tabela 1 é apresentado o consumo de raízes de mandioca e seus produtos (kg/hab/ano), considerando-se a zona rural e urbana. Na zona rural sempre é maior a demanda, seja pelas dificuldades de abastecimento de produtos processados, seja pela manutenção das tradições (CEREDA, 2002).

Tabela 1. O consumo de mandioca e seus produtos em kg/hab/ano.

Regiões	Consumo de produtos da mandioca (kg/hab/ano)		
	Raiz	Fécula	Farinha
Rio de Janeiro	2,6	0,1	5,6
• Metropolitana	2,2	0,1	3,8
• Rural	3,0	0,2	18,5
São Paulo	2,4	0,1	1,1
• Metropolitana	1,3	0,1	1,0
• Rural	4,3	0,1	1,7
Paraná, SC e RS	15,8	0,5	3,5
• Metropolitana	7,6	0,2	0,5
• Rural	23,2	0,7	4,4
Minas Gerais e Espírito Santo	4,0	0,6	8,8
• Metropolitana	1,7	0,2	1,4
• Rural	5,3	1,0	13,4
Nordeste	4,3	3,1	43,7
• Metropolitana	3,2	0,6	20,4
• Rural	5,2	4,0	55,0
Distrito Federal	2,6	0,5	2,2
Belém (Metropolitana)	0,4	0,3	45,5
Outras (*)	5,0	0,7	23,6

(*) Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará, Amapá, Goiás e Mato Grosso. Fonte: Cereda (2002).

2.1.2. Produção nacional

Pelos dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o consumo *per capita* mundial de mandioca e derivados, em 1998 foi de 16,1 kg, enquanto no Brasil esse consumo foi de 40,1 kg. No Brasil a transformação das raízes de mandioca origina três subprodutos: raspas secas ao sol, farinha e fécula. Cerca de 30% a 35% da produção de raízes são utilizados no beneficiamento de farinha. A produção de fécula atinge aproximadamente 25% deste total. No estado do Pará o principal produto da mandioca continua sendo a farinha de mesa, base da alimentação da população da região (LIMA, 2002).

A mandioca é um dos produtos de destaque da agricultura brasileira. A cadeia produtiva da mandioca no Brasil movimenta cerca de US\$ 2,5 bilhões, gerando arrecadação de US\$ 150 milhões. Mesmo com tais aspectos positivos, nem sempre a demanda pelos produtos da cadeia da mandioca responde na mesma intensidade da oferta, havendo freqüentes desequilíbrios na produção e preços (CEPEA, 2007).

A produção de fécula de mandioca, qualquer que seja o grau de tecnologia empregada, compreende as etapas de lavagem e descascamento das raízes, desintegração das células e liberação dos grânulos de amido, separação das fibras e do material solúvel e finalmente a secagem. Durante o processamento é gerado o bagaço, massa ou farelo, resíduo fibroso que contém parte da fécula que não foi extraída no processamento (LEONEL; JACKEY; CERRADA, 1998).

O processo de obtenção do amido consiste, basicamente, em triturar as raízes de modo a liberar os grânulos de amido de dentro das células e extraí-los com água, pela separação das fibras e do material solúvel (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

A participação do Brasil no comércio mundial de fécula ainda é pouco representativa. Segundo os dados da *Food and Agricultural Organization* (FAO, 2004), os principais exportadores mundiais de fécula, em 2002, foram: Paraguai (20,7%), Tailândia (17,1%) e Cingapura (11,5%). O Brasil participou com 0,6% das exportações mundiais no referido ano (CARDOSO; ALVES; FELIPE, 2004).

A produção de fécula de mandioca está constituída da seguinte forma: fécula nativa, fécula modificada, polvilho azedo e sagu ou tapioca, cujos rendimentos são apresentados na Tabela 2. No Brasil, 96% das indústrias produtoras de fécula de mandioca estão situadas na região compreendida pelos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo (SUFRAMA, 2003).

Tabela 2. Porcentagem de produtos obtidos a partir da fécula de mandioca.

Produtos	Porcentagem de produção
Fécula nativa	68,2%
Fécula modificada	18,2%
Polvilho azedo	10,0%
Sagu	3,6%

FONTE: Suframa (2003).

A maior produção nacional de fécula de mandioca, nos últimos 10 anos foi em 2002, com 667 mil toneladas, ocorrendo um decréscimo de 36% na produção em 2003, com 428 mil toneladas e de 41% em 2004, com 395 mil toneladas (Figura 1). O Paraná é o maior produtor nacional de fécula, representando 65% da produção nacional, com 277 mil toneladas no ano de 2003 (ABAM, 2005).

Na visão da Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca, o setor ainda tem muito a crescer, necessitando mais organização e planejamento. Com esse objetivo, a ABAM elaborou um planejamento estratégico visando atingir, em 2011, dois milhões de toneladas de fécula e um faturamento global de aproximadamente um bilhão de dólares (ABAM, 2005).

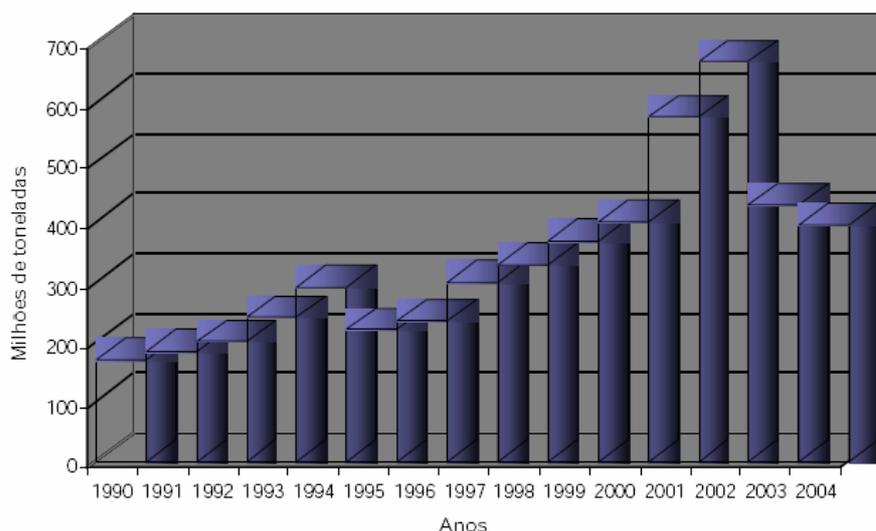


Figura 1. Produção anual de fécula de mandioca no Brasil em milhões de toneladas. FONTE: ABAM (2005).

O uso de raízes e farinha é predominante nas regiões Norte e Nordeste, mas o consumo de raízes é também elevado no Rio Grande do Sul, em razão dos hábitos alimentares. O uso da fécula é baixo, mas significativo em Belém e Fortaleza, onde é

comercializada na forma de goma extraída de forma artesanal e vendida úmida ou seca ao sol. A Tabela 3 apresenta o consumo domiciliar anual, *per capita*, de raiz de mandioca, farinha e fécula (CEREDA, 2002).

Tabela 3. O consumo domiciliar de mandioca nas regiões metropolitanas do Brasil.

Regiões	Consumo <i>per capita</i> (kg/ano)		
	Raiz	Fécula	Farinha
Belém	0,37	2,10	37,80
Salvador	0,30	0,24	17,90
Recife	1,13	0,16	14,70
Fortaleza	0,06	2,20	9,80
Rio de Janeiro	0,80	0,15	2,90
Goiânia	2,26	1,54	2,04
Belo Horizonte	0,87	0,91	2,00
Brasília	1,48	0,89	1,45
São Paulo	0,84	0,21	1,30
Porto Alegre	3,68	0,25	0,81
Curitiba	0,63	0,34	0,79

FONTE: CEREDA (2002).

Entre os principais compradores de fécula de mandioca no Brasil, em 2004, destaca-se o setor de papelão, com 20,6% do total produzido, seguido pelo setor de frigoríficos (18,4%), atacadistas (18%), outras fecularias (11,4%), setor de massas, biscoito e panificação (10,8%), indústrias químicas (9,8%), varejistas (5,9%) e setor têxtil (3,8%) (CEPEA, 2005).

Para que o Pará possa competir com a fécula importada, são imprescindíveis mudanças nos segmentos da produção e da agroindústria da cadeia produtiva da mandioca. Os produtores de mandioca do Pará se caracterizam pela baixa produtividade e lucratividade, o que impede a aplicação de investimentos.

O governo do estado do Pará é um grande incentivador da cultura da mandioca e tem viabilizado ações por intermédio da Secretaria de Agricultura aos pequenos produtores, como o Pró-Mandioca, cujos resultados mostram que a cultura responde com alta produtividade, quando manejada com tecnologia (CARDOSO, 2004).

2.1.3. Industrialização e utilização da mandioca

A raiz da mandioca é altamente perecível. Como alimento só pode ser utilizada dentro de um período de um a três dias depois de colhida. Para sua

conservação é prática comum enterrá-la em areia, guardá-la em refrigerador ou mergulhá-la em água. Porém, estes tipos de conservação são precários e seus efeitos de curto prazo. Outro aspecto a ser observado é a época da colheita, no período da seca, quando a raiz apresenta maior teor de fécula e propicia um maior rendimento industrial (LEONEL; JACKEY; CERRADA, 1998).

A mandioca, também conhecida como aipim, macaxeira, yuca, tapioca e cassava, é cultivada em todo território brasileiro, assumindo destacada importância na alimentação humana e animal, além de ser utilizada como matéria-prima industrial de amplo e diversificado emprego. Além da tradicional farinha de mandioca, existem mais de 200 produtos derivados do amido da mandioca (IPARDES, 2004).

A legislação brasileira conta com o termo polvilho, que é sinônimo de fécula de mandioca. O polvilho existe em duas formas, o polvilho azedo e o doce. O empresário brasileiro que extrai amido de mandioca ou batata é obrigado pela legislação, a marcar sua sacaria e embalagem com a palavra fécula (CEREDA, 2002).

As indústrias de fécula são as mais modernas entre as processadoras de raízes de mandioca no Brasil. Essas indústrias extraem fécula que pode ser usada no preparo de inúmeros produtos. O destino da fécula varia em cada região que a produz, sendo a indústria alimentícia a que representa o maior mercado, com 69% do consumo (VILPOUX; CEREDA, 1995).

Os principais estados produtores de fécula de mandioca são: Paraná, Santa Catarina, São Paulo e Mato Grosso do Sul, responsáveis por 80% da produção nacional. Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca (ABAM), em 2001, o setor produziu 575 mil toneladas. Em 2002, a produção brasileira atingiu cerca de 750 mil toneladas, 30% maior que no ano anterior (ICEPA, 2003).

O segmento da fécula pode ser dividido em dois sub-segmentos, sendo: um de fécula nativa e fécula fermentada (polvilho doce e polvilho azedo, respectivamente) e outro de féculas modificadas, produzidas a partir da fécula nativa (GARNEIRO et al., 2003).

A produção de amido modificado é uma alternativa que vem sendo desenvolvida há algum tempo, em função de interessantes características

industriais. O Brasil apresenta uma particularidade por possuir uma grande variedade de raízes amiláceas ainda pouco exploradas (VILPOUX, 1998).

A utilização da fécula de mandioca na panificação não deve competir com o mercado da farinha-de-mesa. Para isso é importante que o setor mandioqueiro se organize, para competir em igualdade com um setor economicamente forte e organizado, como é o do trigo. O Pará dispõe de áreas, condições ambientais favoráveis, e de tecnologias para a produção da mandioca, além de ser um produto com possibilidades concretas de agregar valor à mandioca, através da industrialização (CARDOSO, 2004).

A fécula (ou amido) desponta como um novo produto da mandioca, que agrega valor a mesma, gera emprego e renda, e apresenta grandes perspectivas de ser usada na panificação. Isto já é realidade em alguns estados brasileiros, em função de legislações específicas dos mesmos (LIMA, 2002).

O amido tem sido tradicionalmente usado na indústria de alimentos, em função de seu valor calórico e de atuar como melhorador das propriedades funcionais em sistemas alimentícios. O amido serve para melhorar a textura, atuar como espessante, aumentar o teor de sólidos em suspensão e proteger os alimentos durante o processamento (CEREDA, 2002).

No caso da fécula de mandioca, a substituição recomendada para pães varia de 10% a 20%, calculada com base no peso da farinha. Nestas condições, testes de aceitação com consumidores têm evidenciado melhorias na qualidade do produto, resultando em um produto macio, consistente e saboroso. Tem sido evidenciado também aumentando na vida de prateleira dos produtos, sem endurecer ou “emborrachar” (CARDOSO, 2004; ROCHA, 2004).

Quando em um produto é adicionada uma farinha com propriedades e composição diferentes da farinha de trigo, como é o caso da fécula de mandioca, que é constituída basicamente por amido, é certo que ocorrerão mudanças no comportamento da massa produzida (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

2.1.4. Características do amido e da fécula

Amido é um produto extraído de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes e rizomas (BRASIL, 2005). O amido e a fécula extraídos das plantas, sem alterações, denominam-se nativos ou naturais (SMITH, 1982).

O amido de mandioca tem sido usado há muito tempo em diversas partes do mundo. Na Tabela 4 são apresentados dados relativos à composição química do amido de mandioca (fécula), segundo informações da literatura (CEREDA, 2002).

Tabela 4. Composição química do amido de mandioca nativo.

Amido	Composição (% p/p)				
	Carboidratos	Proteínas	Lipídios	Fibras	Cinzas
Amostra 1	–	0,03 – 0,60	0,08 – 1,54	–	0,02 – 0,33
Amostra 2	98,1	0,38	0,22	0,62	0,14
Amostra 3	–	0,14	0,22	0,38	0,14
Amostra 4	99,2	0,41	0,13	0,09	0,21
Amostra 5	–	0,15 – 0,60	< 0,01	–	0,08 – 0,15

FONTE: CEREDA (2002).

Os grânulos de amido da mandioca apresentam diâmetros aproximadamente iguais aos do amido de milho, porém são morfologicamente diferentes. São ovais ou redondos com alguns côncavo-convexos característicos (CEREDA, 2002).

Defloor, Dehing e Delcour (1998) determinaram propriedades físico-químicas de féculas de mandioca e encontraram distribuição de diâmetros dos grânulos entre 3 e 32 μm . O diâmetro médio dos grânulos foi de 9,5 a 13,6 μm . Sriroth et al. (1999) encontraram diâmetro médio dos grânulos de fécula de mandioca de 12 μm , com distribuição normal de diâmetros entre 7 e 28 μm .

O grânulo de amido é constituído por moléculas de amilose e amilopectina (Figura 2) associadas entre si por pontes de hidrogênio, formando áreas cristalinas radicalmente ordenadas. As áreas cristalinas mantêm a estrutura dos grânulos e controlam o comportamento do amido em água, fazendo com que o mesmo absorva uma quantidade limitada de água, embora seja constituído de polímeros solúveis ou parcialmente solúveis em meio aquoso (CIACCO; CRUZ, 1982).

A fécula de mandioca é constituída, em média, por 18% de amilose e 82% de amilopectina. Nos amidos de cereais, a amilose ocorre em porcentagens que variam de 20% a 25% (CEREDA et al., 2001).

As féculas gelatinizam em temperaturas inferiores às temperaturas de gelatinização do amido. Esta propriedade permite que em algumas aplicações possa-se trabalhar em temperaturas mais baixas, como ocorre na fabricação de embutidos. Na Tabela 5 são apresentadas faixas de temperatura de gelatinização de diferentes tipos de amidos e féculas (ARIAS, 2000).

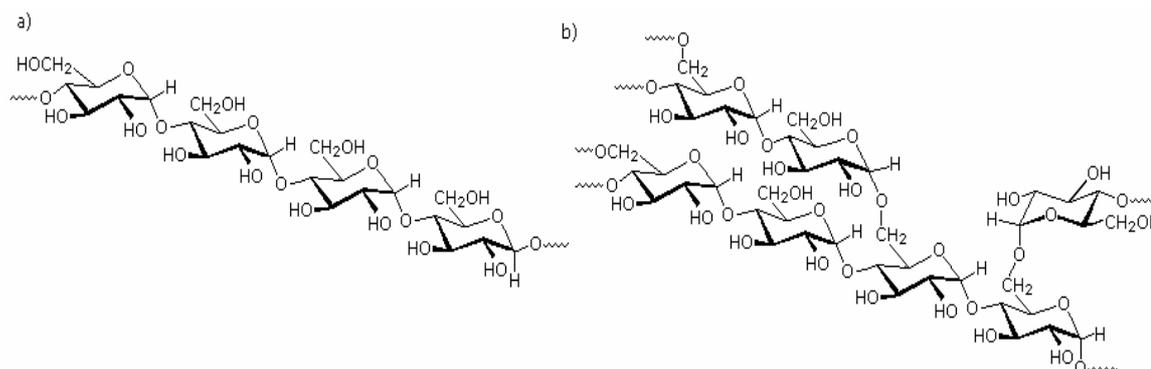


Figura 2. Estrutura química da: (a) amilose e (b) amilopectina. FONTE: CORRADINI et al. (2005).

Tabela 5. Temperatura de gelatinização de suspensões de diferentes tipos de amidos e féculas, com concentração de 8%.

Amido ou fécula	Faixa de gelatinização (°C)
Amido de milho	75 – 80
Fécula de batata	60 – 65
Fécula de mandioca	65 – 70

FONTE: ARIAS (2000).

A fécula de mandioca possui aroma e sabor neutros. Em suspensão aquosa, quando submetida ao calor, forma pastas claras e translúcidas, apresentando viscosidades elevadas e instáveis (ARIAS, 2000). A viscosidade da fécula aumenta de forma rápida com aquecimento contínuo (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

Ao microscópio óptico o grânulo de amido mostra ser constituído de uma massa homogênea, mas com estrutura particular. O reconhecimento da origem botânica do amido, através de microscopia, é importante porque possibilita identificar alterações causadas por modificações químicas ou físicas e controle de qualidade de produtos (CEREDA, 2002). A Tabela 6 apresenta o tamanho de grânulos de amido e fécula nativos.

Tabela 6. Características de grânulos de amido e fécula nativos.

Características do grânulo	Batata (Tubérculo)	Mandioca (Raiz)	Milho (Cereal)	Trigo (Cereal)
Formato	Oval, esférico	Truncado, oval	Redondo, poligonal	Redondo, lenticular
Diâmetro (µm)	5 a 100	4 a 35	2 a 30	1 a 45
Diâmetro médio (µm)	27	15	10	8
Peso médio (µg)	40	25	15	25

FONTE: ALEXANDER (1995).

2.2. A FARINHA DE TRIGO

O grão de trigo (cariópside) é o único cereal com capacidade de produzir farinha que forma uma massa pegajosa e gomosa quando misturada com água. Essa propriedade tecnológica se deve ao glúten, fração insolúvel do endosperma que tem a capacidade de se aglutinar e formar, durante a elaboração da massa, uma rede contínua, elástica, extensível e até certo ponto, impermeável ao gás carbônico produzido durante a fermentação alcoólica da massa (MADARINO, 1994). A única outra farinha capaz de proporcionar tais características é o centeio (VITTI; GARCIA; OLIVEIRA, 1988).

A farinha de trigo é o produto resultante da moagem do trigo em grãos. É um pó branco/creme-claro e fino, com 14% de umidade e elevada higroscopicidade (OCRIM, 2000). É o ingrediente mais importante da panificação, no qual toda a indústria está sustentada. A qualidade e o preço, além da tecnologia utilizada nos processos envolvidos, são fundamentados nas características físico-químicas e propriedades reológicas do trigo (QUAGLIA, 1991).

Uma farinha de trigo especial, ideal para pães e produtos fermentados, contém em média 12% de proteína e é utilizada com base na sua grande capacidade de produzir uma massa estruturada. As farinhas utilizadas em produtos de confeitaria têm, em média, 7,5% de proteína. As proteínas interagem umas com as outras, quando misturadas com água, formando o glúten, uma cadeia elástica e flexível que dá estrutura à massa (RAWLS, 2005).

As proteínas do trigo podem tecnicamente ser divididas em: gluteninas, gliadinas, albuminas e globulinas. As albuminas e as globulinas são solúveis em água e, conseqüentemente, são eliminadas juntamente com o amido, quando se faz o teste de lavagem do glúten. As gluteninas e as gliadinas são responsáveis pela formação do glúten, sendo insolúvel em água, mas apresentam alta capacidade de absorvê-la (MONTENEGRO; ORMONESE, 2004).

As gluteninas são complexos protéicos que apresentam pontes dissulfetos intramoleculares e intermoleculares, favorecendo a elevada elasticidade, força e firmeza na massa. Já as gliadinas são mais brandas e fluidas, apresentando-se sob a forma monomolecular, estabilizada por pontes dissulfetos intramoleculares. Contribuem com a extensibilidade e coesão da massa (MANDARINO, 1994).

O glúten é formado a medida que a água começa a interagir hidratando as proteínas insolúveis da farinha de trigo (gluteninas e gliadinas). Quando a rede de

glúten começa a ser formada (Figura 3), a massa se torna mais lisa e macia (“ponto de véu”), podendo ser esticada até formar uma película bem fina, sem se romper (ARAÚJO, 1985).



Figura 3. Formação da rede protéica. FONTE: ARAÚJO (1987).

De acordo com Ocrim do Pará (2000), em relação aos teores de glúten seco, as farinhas podem ser subdivididas em:

- Duras: com 14 a 15% de glúten; ideais para massas.
- Semiduras: com 12 a 14% de glúten; ideais para panificação.
- Moles: com 7 a 9% de glúten; ideais para bolos.

2.3. FARINHA PANIFICÁVEL

2.3.1. Qualidade da farinha

A farinha é sem dúvida a matéria-prima mais importante para confecção de massas alimentícias. Dentre os principais componentes de qualidade da farinha pode-se citar: umidade, cinzas, quantidade e qualidade de glúten, cor, granulação, lipoxidose e α -amilose (CIACCO; CHANG, 1986).

A umidade é responsável principalmente pelo bom rendimento na moagem. O conteúdo de cinzas é uma boa indicação de qualidade da farinha e do grau de refinamento na moagem. O conteúdo de proteína, tanto do trigo, quanto da farinha é considerado um dos melhores índices individuais do comportamento da farinha na panificação (MORETTO; FETT, 1999).

A proteína da farinha varia em qualidade e quantidade, dependendo do tipo de grão, condições de cultivo, entre outras condições. Há sempre uma tendência de farinhas de alto teor protéico ter glúten forte. De acordo com Vitti (1988) a utilização

de melhoradores oxidantes pode fortalecer o glúten, ao passo que agentes redutores podem enfraquecê-lo.

De modo prático, as características de qualidade de uma farinha podem ser avaliadas por meio de instrumentos. Esses equipamentos de laboratório avaliam na verdade, as características reológicas da massa obtida basicamente de farinha e água. Neste sentido têm sido utilizados expansógrafo, viscoamilógrafo, farinógrafo e teste de expansão (VITTI, 1988).

Os testes físicos usando farinógrafo, extensógrafo e alveógrafo, medem a força da farinha e seu posterior comportamento, após os esforços mecânicos aos quais será submetida durante os vários estágios dos processos de fabricação da massa (MORETTO; FETT, 1999).

O equipamento mais utilizado por moinhos e indústrias de panificação é o farinógrafo. O equipamento é basicamente um misturador de massa que mede e registra a resistência da massa à mistura, ao longo do tempo, a velocidade e temperatura constantes. A curva resultante é denominada farinograma e os parâmetros obtidos a partir dela estão relacionados à quantidade de água e o tempo necessários para que a massa atinja uma consistência final desejada (MONTENEGRO; ORMONESE, 2004).

A absorção de água é de fundamental importância na qualidade dos produtos de panificação. Geralmente uma alta absorção é desejável, pois resulta em um maior rendimento do produto. Entretanto, para que a massa retenha qualquer gás durante a fermentação e o cozimento, a absorção de água deve ser ajustada a um nível ótimo, o qual é influenciado por fatores como o teor de proteína e de amido, e pelos ingredientes que entram na formulação (EMBRAPA, 1982).

2.3.2. Farinha mista

Na década de 60, a utilização de farinhas mistas tinha como objetivo a substituição parcial da farinha de trigo, para redução das importações deste cereal. Depois, as pesquisas com farinhas mistas foram direcionadas para melhora da qualidade nutricional de produtos alimentícios e para suprir a necessidade dos consumidores por produtos diversificados (TIBÚRCIO, 2000).

Quando é adicionada uma farinha com propriedades e composição diferentes a da farinha de trigo, como é o caso da fécula de mandioca, que é constituída basicamente por amido, é certo que ocorrerão mudanças no comportamento da

massa produzida. Quando parte da farinha de trigo é substituída por outra farinha, o glúten irá apresentar-se em menor porcentagem na massa, e como consequência tem-se o enfraquecimento da mesma (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

Vários fatores devem ser considerados na utilização de farinhas mistas para produção de alimentos. As características das farinhas sucedâneas devem reduzir ao máximo os efeitos da substituição, para se obter alimentos com cor aceitável, sabor agradável e boa textura (MARANGONI, 2007).

O nível de substituição máximo da farinha de trigo por farinhas sucedâneas é definido em função das alterações na qualidade tecnológica e sensorial que a adição de tal farinha irá causar ao produto final. Essa alteração é aceitável até um determinado nível (limite de substituição). Quanto maior for a quantidade da proteína na farinha de trigo, maior será a tolerância à substituição pela fécula (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

2.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE O PÃO

Acredita-se que o pão foi o primeiro alimento cozido da história. Os mais diversos e antigos povos como os egípcios, os hebreus e os romanos foram consumidores de pães. Nessa época os pães eram produzidos em suas próprias casas de maneira rudimentar (QUEIROZ, 2001).

Apesar de antiga, a panificação só evoluiu após a revolução Francesa, quando o sal passou a ser incorporado na formulação da massa. A mistura da massa que era manual, obtida por amassamento e corte, foi adicionada das etapas: estiramento e aeração, que quando corretamente conduzidas melhoravam a formação da rede de glúten (CALVEL, 1984).

Por definição, pão é o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e/ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten, ou adicionada das mesmas e água; podendo conter outros ingredientes (BRASIL, 2000).

2.4.1. Industrialização do pão

Embora a fabricação de pão na América Latina seja, em sua quase totalidade, feita artesanalmente e ainda acrescida do fator “condições locais”, o que dá origem a

uma centena de variações (adaptações e ajustes locais), entende-se por “métodos disponíveis” os processos padrões que formam os princípios técnicos para cada um deles (OCRIM DO PARÁ, 2000).

O consumidor brasileiro varia seus hábitos alimentares quanto ao tipo de pão, de acordo com suas preferências pessoais, que também sofrem influências dos hábitos de cada região. De um modo geral todos fabricam um pão de sal, dentro dos padrões e pesos nacionais, do tipo francês, mas, também, produzem-se especialidades locais, em conjunto com massas doces, pães especiais, tortas, doces e bolos (OCRIM DO PARÁ, 2000).

A implantação de novos processos de moagem da farinha contribuiu muito para a indústria da panificação. Os grãos de trigo inicialmente eram triturados em moinhos de pedra manuais, que evoluíram para os moinhos de pedra movidos por animais, depois para os movidos pela água e finalmente pelos moinhos de vento (SOUZA, 2000).

Grande parte dos produtos de panificação é composta por ingredientes que desempenham funções específicas no processo de formação da massa. Embora os constituintes da massa possam variar em grau de importância no processo de fabricação, todos exercem determinada função. Muitas vezes, a maior ou menor importância desses ingredientes está associada a quantidade adicionada à massa e ao tipo de produto (BORGES et al., 2006).

Uma das principais etapas na fabricação do pão é a fermentação, que tem um papel determinante no desenvolvimento do sabor. Em conjunto com o cozimento, contribui para o desenvolvimento do aroma da crosta. Este aroma manifesta-se logo que a temperatura da crosta aumenta. As reações de Maillard (entre açúcares redutores e aminoácidos) e de caramelização dos açúcares produzem moléculas responsáveis pelo aroma da crosta. Estes aromas migram da crosta para o miolo. Todos esses elementos contribuem para desenvolver o sabor típico do pão (MOURA, 2002).

2.4.2. Consumo de pães

O consumo de pão, em seus vários tipos, constitui uma das maiores e melhores fontes de vitaminas, sais minerais e proteínas que o homem pode conseguir. É um alimento de uso universal, diário, fazendo parte do desjejum, lanches ou acompanhando as refeições principais (OCRIM DO PARÁ, 2000).

Destaca-se a ampla distribuição mundial do pão, em diferentes culturas alimentares, em todo o mundo. Mesmo que varie o tipo de cereal ou forma de produzi-los, não existe povo na Terra que não tenha o costume de acompanhar suas comidas com algum tipo de pão ou de fazer dele um alimento básico em suas refeições diárias (SALINAS, 2002).

Estudo elaborado no ano de 2000 pela Associação Brasileira das Indústrias de Panificação, sobre o mercado de produtos de panificação no Brasil, obteve os seguintes resultados (NUTRINEWS, 2003):

- O pão francês detém 85% de todo o mercado de pães no Brasil. É o produto preferido em todas as classes sociais, seguido do pão doce e do pão de queijo.
- O brasileiro consome em média 27 quilos de pão por ano, metade da porção recomendada pela Organização Mundial da Saúde – OMS (60 kg/per capita/ano).
- O setor da panificação fatura, em média, R\$ 16 bilhões/ano.
- As padarias brasileiras recebem em média 40 milhões de visitas diárias.

2.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE O BISCOITO

O biscoito, também chamado de bolacha, é o produto obtido pelo amassamento e cozimento conveniente de massas preparadas com farinhas, amidos e féculas, fermentadas ou não. Outras substâncias alimentícias, tais como a gordura hidrogenada proveniente da soja, também são utilizadas como matéria-prima (SILVA; FAÇANHA; SILVA, 1998).

Os biscoitos são classificados em: salgados, doces, recheados, revestidos, *grissini*, biscoitos para aperitivos e petiscos ou salgadinhos, palitos para salgadinhos ou “pretzel”, wafer, wafer recheado e petit-four (MORETTO; FETT, 1999). Biscoitos ou *cookies* são produtos muito populares em todo o mundo, com vastas combinações de textura e sabor, o que lhes confere um apelo universal (SCHOBER et al., 2003).

2.5.1. Industrialização do biscoito

No processamento de biscoitos, os principais ingredientes são: água, farinha, açúcar e sal. Uma variedade de textura e formas podem ser produzidas pela variação das proporções desses ingredientes. A água é essencial na formação da massa, pois é necessária para a solubilização de outros ingredientes, para

hidratação de proteínas e carboidratos e para o desenvolvimento da rede de glúten (MAACHE-REZZOUG et al., 1998).

Segundo Contamine et al. (1995) a mistura é um estágio crucial no processamento de biscoito. A energia gasta durante a mistura da massa controla a qualidade do biscoito. De acordo com Bloksma (1990) a mistura tem três funções principais: homogeneização dos ingredientes da formulação, criação de estruturas protéicas orientadas pelos efeitos de batimento e inclusão de ar.

O biscoito apresenta, no seu interior, uma matriz de amido gelatinizado, que é responsável pela sua expansão e textura. É provável que durante o forneamento os grânulos da superfície sejam desidratados e os do interior sejam gelatinizados, provocando a expansão do biscoito (PEREIRA et al., 1999).

O amido pode ser adicionado, na proporção de 15 a 20% do peso da farinha de trigo, para padronizar o teor de glúten da mesma. Em geral os biscoitos feitos com farinhas mistas (amido e trigo) são mais bem aceitos por se tornarem mais agradáveis ao paladar e serem mais leves que os convencionais (CEREDA, 2002).

Segundo Moretto e Fett (1999) os biscoitos podem ser classificados também como:

- *Biscoitos de massa dura* ou comumente conhecidos como estampados: ex: Maria, Maisena. Neste tipo de produto o teor de proteína deve ser baixo;
- *Biscoitos de massa mole*. Neste tipo de produto o teor de proteína já pode ser médio, isto é, em torno de 9%;
- *Biscoito de massa fermentada*. Neste tipo de produto, o teor de proteína já é mais elevado, em torno de 11%. São conhecidos como biscoito *cream cracker*, salgadinho, “água e sal”, entre outros.

2.5.2. Formação do biscoito

A maneira como o biscoito é formado varia segundo o produto, podendo ser: estampado, amanteigado, cortado por fio, depositado, “cracker”, entre outros. Os produtos do tipo estampados comumente são laminados por meio de sistemas de laminador composto por pares de rolos de aço. A abertura entre os rolos diminui gradualmente à medida que a massa atinge o estampador. No caso do biscoito “cracker” a formação pode ser por meio de laminação horizontal ou vertical (VITTI; GARCIA; OLIVEIRA, 1988).

As condições ambientes no local aonde as massas são laminadas também são importantes. Se a temperatura for muito alta (acima de 35°C), pode haver exsudação da gordura na massa. Se a umidade for baixa (50 – 60%), pode haver formação de casca sobre a superfície da massa, dificultando o corte. O excesso de umidade também é prejudicial, pois possibilitará a aderência da massa na estampadeira (VITTI; GARCIA; OLIVEIRA, 1988).

De acordo com Moretto e Fett (1999) são quatro tipos de corte realizados na conformação dos biscoitos, sendo:

- (1) Sistema de corte por prensa (estampadores). Utilizado para massas duras e para biscoitos com baixo teor de gordura (média de 15%), nos quais a massa tem elasticidade suficiente para ser laminada até atingir espessura adequada para o corte. Ex. biscoitos do tipo “Maria”.
- (2) Sistema rotativo. São utilizados rolos, onde um deles possui cavidade com crivos impressos com o desenho característico do biscoito que se deseja produzir. A massa para esse sistema deve possuir maior teor de gordura na sua composição, a fim de proporcionar consistência suficiente, facilitando a extração da matriz, sem distorção ou formação de pequenos pedaços.
- (3) Sistemas de fios (corte por arame). Caracteriza-se por trabalhar com massa de consistência variada, desde macia até rígida, porém facilmente moldável.
- (4) Sistema de deposição. Neste sistema a massa, normalmente é depositada em esteiras não perfuradas de aço.

A operação de cozimento ou assadura do biscoito é a fase executada com o objetivo de remover a umidade, atribuir cor e propiciar uma série de reações químicas e físicas, que irão em conjunto dar origem ao produto final (MORETTO; FETT, 1999).

O resfriamento é uma das fases mais importantes do processamento de biscoito. Assim que o produto sai do forno se apresenta mole e com alguma umidade. Desta forma não poderá ser embalado imediatamente, devendo ser submetido ao resfriamento. Se essa fase não for bem conduzida, pode ocorrer o fenômeno de “checking” ou quebrar (MORETTO; FETT, 1999).

De acordo com Vitti, Garcia e Oliveira (1988) três importantes pontos devem ser levados em consideração para controlar o “checking”, sendo: (a) formulação bem balanceada, normalmente contendo açúcar invertido; (b) assadura em condições ideais, com o mínimo de variação no conteúdo de umidade nas diferentes partes do

biscoito e (c) resfriamento em atmosfera quente e úmida, evitando corrente de ar frio ou ar soprado diretamente sobre o biscoito.

2.6. INGREDIENTES UTILIZADOS EM MASSAS PANIFICÁVEIS

A preparação habitual das massas de padaria consiste em uma mistura proporcional de água, sal e fermento. Outros componentes podem ser adicionados, tanto para mudar características tecnológicas, como para melhorar o volume, a maciez, a incorporação de ar e a durabilidade (EL-DASH; CAMARGO, 1982).

Água

É o ingrediente básico no processo de elaboração de massas. Hidrata a farinha e umidifica os grânulos de amido e proteínas. Estas proteínas, após serem transformadas em glúten, servem como agente de ligação para prender os grânulos de amido dentro da matriz do glúten, resultando na criação de uma massa coesa (RAWS, 2005).

De acordo com Ocrim do Pará (2000) a água possui importantes funções na panificação, podendo-se destacar:

- Hidrata os amidos, tornando-os digeríveis;
- Impede a formação de casca nas massas;
- Possibilita a ação das enzimas;
- É solvente para ingredientes sólidos;
- Permite o ciclo de fermentação biológica;
- Permite homogeneizar a temperatura nas massas;
- Determina a consistência final da massa;
- Facilita a formação do glúten;
- Distribui os micro-ingredientes.

A quantidade de água a ser adicionada varia principalmente em função da capacidade de absorção da farinha. Para a farinha de trigo, a absorção de água geralmente varia entre 55% e 65%. Quando se substitui parte da farinha por outro cereal, há um aumento dessa absorção (em função do amido), para que se possa obter uma massa de boa consistência (EL-DASH; CAMARGO, 1982).

Gordura

O termo “gordura” generaliza os óleos e gorduras que são utilizados em produtos de panificação, para produzir, principalmente, uma crosta suave, uma textura uniforme e macia.

No beneficiamento de biscoitos a gordura atua, em geral, como amaciador, contribui com o aroma e sabor, melhora a expansão e lubrifica a massa. Pode eventualmente atuar como agente de crescimento, através da retenção de gás (VITTI; GARCIA; OLIVEIRA, 1988). É o ingrediente responsável pela maciez do pão, que em excesso, resulta em um pão esponjoso (TÁO, 1995).

Funções da gordura nas massas panificáveis:

- Contribui para o aumento do volume do pão auxiliando na retenção do gás;
- Melhora as propriedades mecânicas da massa tornando-a menos pegajosa;
- Lubrifica as partículas de amido e proteínas quebrando a estrutura do glúten e do amido;
- Emulsifica e retém considerável quantidade de líquidos aumentando a maciez e conservação da massa.

Açúcar

O açúcar é um componente importante na formulação de pães e biscoitos. Fornece doçura e sabor, assim como tem efeito sobre cor, textura, expansão e aparência geral dos produtos. Na indústria de biscoitos é muito utilizado o açúcar invertido, principalmente pela sua capacidade de reter umidade e melhorar a textura e a cor do produto (MORETTO; FETT, 1999).

Funções do açúcar nas massas panificáveis:

- Confere sabor e melhora o aroma;
- Abranda a proteína da farinha amaciando a massa;
- Abaixa o ponto de caramelização da massa permitindo que a crosta do pão adquira a cor desejada numa temperatura menor;
- Lubrifica a massa tornando-a mais fluida.

Sal

De acordo com Queiroz (2001) o seu uso em panificação tem finalidades bem específicas, sendo praticamente impossível panificar sem sal. Entre as funções que o sal pode exercer nas massas panificáveis, destacam-se:

- Favorece o desenvolvimento do glúten;
- Controla a ação das enzimas;
- Facilita o manuseio da massa tornando-a menos pegajosa;
- Realça o sabor do pão;
- Devido a suas propriedades higroscópicas influencia na conservação do pão: em ambiente seco minimiza o ressecamento e em ambiente úmido desfavorece o amolecimento da crosta;
- Clareia o miolo do pão.

Fermento

Fermento biológico:

É um agente de fermentação da espécie *Saccharomyces cerevisiae* pertencente à família dos cogumelos. Na panificação, durante o processo fermentativo, produzem o gás carbônico, responsável pela formação de alvéolos internos e pelo crescimento da massa. São inócuos (não alteram o sabor da massa) e são inativados a partir de 45°C (CALVEL, 1987; TÁO, 1995).

Fermento químico (Bicarbonato de amônia):

O bicarbonato de amônia é utilizado em biscoitos tipo estampado e similares, onde a estrutura celular seja suficientemente porosa para permitir o escape completo dos gases produzidos, para evitar resíduo de amônia, que podem atribuir sabor e aroma desagradáveis ao produto. Outra função da amônia é melhorar a expansão do biscoito por meio de alteração na estrutura protéica (MORETTO; FETT, 1999).

Funções do fermento nas massas panificáveis:

- É responsável pelo bom volume da massa;
- Propicia uniformidade da estrutura celular;
- Proporciona brilho e maciez ao miolo;
- Melhora a textura.

Leite

Produtos derivados do leite apresentam potencialidade aglutinadora das proteínas da farinha, o que aumenta a rigidez da massa. Os sólidos do leite contêm lactose, que caramelizam em temperaturas mais baixas (132°C a 134°C). A lactose controla a coloração da crosta (reação Maillard) e juntamente com as proteínas, adiciona valor nutricional ao alimento e sabor à mistura. Auxilia também na retenção da umidade dentro da massa (RAWLS, 2005).

Aditivos

Possuem a função de equilibrar a atividade enzimática da farinha ou de melhorar a força da massa e sua tolerância. Podem ser de origem biológica ou química (PIZZINATTO, 2000).

Oxidantes – Reforçador de Glúten (ácido ascórbico):

- Reforçam as propriedades físicas da massa e aumentam sua tenacidade tornando-as menos aderentes;
- Melhoram o aspecto da massa;
- Promovem o fortalecimento do glúten;
- Atuam sobre o grupo sulfeto-hidrogênio (SH) formando pontes dissulfeto (SS) e aumentando a estabilidade e a retenção do gás.

Enzimas – (α - amilase):

As amilases são de origem fúngica ou bacteriana. Facilitam a utilização do amido pelo fermento e aumentam a velocidade da fermentação (QUEIROZ, 2001).

Emulsificantes (lecitina de soja):

Por definição, são compostos cuja função é estabilizar misturas de dois líquidos imiscíveis, geralmente óleo (gordura) e água. Isto ainda depende da relação quantitativa dos dois líquidos e da presença de outros ingredientes, tais como proteína, amido ou ar.

Normalmente, os emulsificantes são efetivos, mesmo quando utilizados em quantidades bem reduzidas, sendo por isso classificados como aditivos alimentares.

Podem existir na forma natural, como a lecitina. A quantidade utilizada não deve ser superior a 1,0% da quantidade de gordura (VITTI; GARCIA; OLIVEIRA, 1988).

As características de complexação desses compostos com amido e proteínas são responsáveis por melhorias na laminação da massa, textura e expansão do biscoito (MORETTO; FETT, 1999).

Ação dos emulsificantes nas massas panificáveis:

- Estabilizam óleo em emulsão aquosa;
- Estabilizam água em emulsão oleosa;
- Modificam a cristalização da gordura;
- Modificam a consistência e aderência da massa, além das características de geleificação do amido, pela complexação com amido, proteína e açúcares;
- Lubrificam as massas com baixo teor de gordura.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATÉRIAS-PRIMAS

Os ingredientes, farinha de trigo panificável, fécula de mandioca, açúcar (sacarose), sal refinado, reforçador, emulsificante, fermento biológico, lecitina de soja, gordura hidrogenada, margarina, aroma artificial de baunilha, leite e óleo de soja, foram adquiridos em estabelecimentos comerciais da cidade de Belém (PA). Foram utilizadas as mesmas marcas dos produtos, em todos os experimentos. Utilizou-se água potável.

3.2. EQUIPAMENTOS

Os equipamentos de panificação utilizados foram: forno elétrico da marca LAYR, com controle de temperatura acoplado; amassadeira elétrica da marca G. PANIZ modelo Ar 15, de aço inoxidável, com uma única velocidade; divisora de massa da marca METVISA, de aço inoxidável; modeladora da marca BRAESI; câmara de fermentação fechada, com capacidade para 20 bandejas e batedeira industrial da marca BRAESI, de aço inoxidável. Todos esses equipamentos estavam disponíveis no laboratório de Fermentação do Departamento de Engenharia Química e Alimentos da Universidade Federal do Pará.

3.3. ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS

3.3.1. Preparação da farinha panificável

A substituição de parte da farinha de trigo por fécula de mandioca foi testada na elaboração de três diferentes produtos da panificação; para verificar a viabilidade de tal substituição. Os produtos estudados foram: o pão francês, o pão de chá e o biscoito doce. Escolheu-se tais produtos, por serem tipicamente os produtos da panificação com maior volume de comercialização. Foram testadas diferentes formulações para cada um dos três produtos estudados.

Na elaboração dos produtos, primeiramente foi preparada a farinha mista com fécula de mandioca e farinha de trigo, substituindo-se de 0% a 15% da farinha de trigo por fécula de mandioca, de acordo com as formulações apresentadas na Tabela 7.

Foram adicionados na amassadeira a farinha mista e os demais ingredientes (em relação à massa da mistura), de acordo com o produto a ser elaborado.

Na elaboração dos pães tipo francês e de chá a água foi adicionada a aproximadamente 5°C, para evitar que a elevação da temperatura da massa, devido ao atrito da mesma na amassadeira, viesse a interferir negativamente na posterior fermentação.

Na amassadeira os sólidos, com exceção do sal, foram misturados por aproximadamente 3 minutos até obter uma mistura homogênea. Em seguida, a água foi adicionada aos poucos e a massa batida por aproximadamente 6 minutos. Obtido o início da formação da massa, o batimento foi interrompido, o sal adicionado e o amassamento conduzido, até a obtenção de uma massa coesa, homogênea e lisa, que se desprendia das paredes da amassadeira.

O ponto final do amassamento foi determinado pela formação do glúten ou teste de “ponto de véu”, que caracteriza a elasticidade e extensibilidade da massa ao esticar com as mãos um pedaço da mesma. Nesse momento a massa foi boleada e permaneceu em descanso por 5 minutos, coberta para não ressecar.

Em seguida a massa foi dividida em 30 pedaços com aproximadamente 60 g cada, os quais foram transferidos para a modeladora, para adquirirem o formato de pão, e posteriormente para a câmara de crescimento, onde permaneceram por 4 horas, para que ocorresse a fermentação. Diferentes etapas do processamento são apresentadas nas Figuras 4 e 5.

Ao término do ciclo de fermentação do pão francês, as bandejas foram retiradas e os pães submetidos ao corte da “pestana” (incisão na massa utilizando uma lâmina especial).



(A)



(B)

Figura 4. Detalhes da conformação do pão francês: (A) massa modelada e (B) massa após a fermentação.



Figura 5. Detalhes da conformação do pão de chá: (A) massa modelada e (B) massa após a fermentação.

Os pães foram assados, em forno elétrico a uma temperatura média de 180°C, por aproximadamente 20 minutos. As etapas apresentadas no fluxograma da Figura 6 foram tomadas como base na elaboração dos dois tipos de pães.

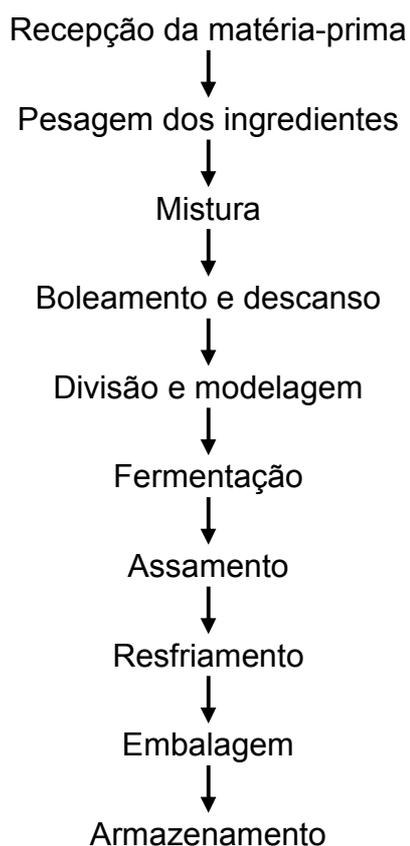


Figura 6. Fluxograma básico utilizado na elaboração dos pães tipo francês e de chá.

3.3.4. Elaboração do biscoito doce

As etapas apresentadas no fluxograma da Figura 7 foram tomadas como base na elaboração do biscoito doce. Os ingredientes foram pesados, de acordo com a proporção indicada na Tabela 9, e misturados com auxílio de uma batedeira industrial.

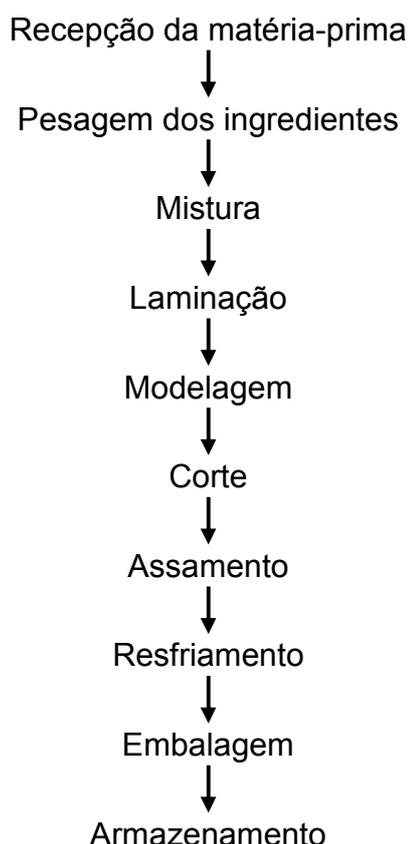


Figura 7. Fluxograma básico utilizado na elaboração do biscoito doce.

Tabela 9. Formulação utilizada para elaboração do biscoito doce.

Ingredientes	Biscoito Doce (%)			
	0%	5%	10%	15%
Farinha de trigo	100	95	90	85
Fécula de mandioca	0	5	10	15
Amido de milho	11,5	11,5	11,5	11,5
Sal	0,55	0,55	0,55	0,55
Bicarbonato de amônia	0,29	0,29	0,29	0,29
Gordura vegetal hidrogenada	31	31	31	31
Açúcar refinado	24,25	24,25	24,25	24,25
Açúcar invertido	24,25	24,25	24,25	24,25
Lecitina de soja	0,40	0,40	0,40	0,40
Aroma de baunilha	1,11	1,11	1,11	1,11

Depois de efetuada a mistura, a massa foi esticada com um rolo de plástico PVC (cloreto de polivinila) sobre uma superfície lisa de mármore, coberta com papel manteiga para que a massa não grudasse. A massa foi laminada até adquirir uma espessura fina, de aproximadamente 1,0 cm.

Os biscoitos foram moldados com um molde circular de 4,7 cm de diâmetro e depositados em assadeiras. A seguir, foram forneados por 5 minutos, a 180°C, em forno elétrico. Após o assamento, os biscoitos foram resfriados até a temperatura ambiente ($\approx 25^\circ\text{C}$) e embalados.

3.4. CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E PRODUTOS

3.4.1. Análises físico-químicas

As seguintes análises foram realizadas na farinha de trigo, fécula de mandioca e nos produtos elaborados. Neste caso, em conformidade com o exigido pela ANVISA (2000).

Umidade. O teor de umidade foi determinado conforme metodologia da AACC (2000), através do método 44-15A.

Acidez das farinhas e da fécula. A determinação foi realizada pelo método de acidez titulável, de acordo com método 940.22 da AOAC (1997).

Proteínas. A determinação foi feita pelo método das proteínas totais (Método Kjeldahl), de acordo com método 920.87 da AOAC (1997), o qual se baseia na determinação da quantidade de nitrogênio total existente na amostra. A quantidade de proteína foi calculada partindo-se do princípio que a proteína possui, em média, 17,5% de nitrogênio.

Lipídios. A determinação foi realizada por extração com solventes (éter de petróleo), em aparelho para determinação de gordura modelo TE-044, baseado no método 922.06 da AOAC (1997).

Cinzas das farinhas. A determinação de cinzas foi realizada por incineração da amostra em forno mufla a 920°C, de acordo com AICC (1960), Norma 104.

Cinzas das féculas. O teor de cinzas foi determinado por incineração da amostra em forno mufla a 550°C, de acordo com método 930.05 da AOAC (1997).

Cinzas dos pães e biscoitos. A determinação de cinzas foi realizada por incineração da amostra em forno mufla a 550°C, conforme a metodologia da AACC (2000), método 08-01.

Fibras totais das farinhas e féculas. Na quantificação das fibras dietéticas totais foi utilizado o método 985.29 enzimático-gravimétrico, oficialmente adotado pela AOAC (1997).

Glúten das farinhas. A análise do glúten foi realizada em sistema Glutomatic, conforme metodologia oficial da AACC (2000), através do método 38-12.

Volume específico. Foi determinado pelo deslocamento de sementes de painço, tendo como princípio a técnica de deslocamento em água com vaso de fluxo, em equipamento próprio, de acordo com Elias e Conde (1985).

As sementes de painço foram colocadas em um recipiente apropriado, até que o mesmo estivesse completamente cheio, sendo niveladas com auxílio de uma régua. O conteúdo do recipiente foi transferido para uma proveta graduada, para determinação do volume ocupado pelas sementes.

Para a determinação do volume, a amostra (pão) foi colocada no interior do recipiente padrão, sendo em seguida recoberta com as sementes contidas na proveta. Novamente o conteúdo foi nivelado com auxílio de uma régua. O volume da quantidade de sementes que transbordou foi determinado com auxílio de uma proveta graduada, e corresponde ao volume da amostra (volume deslocado). O volume específico foi determinado dividindo o volume deslocado pela massa da amostras (GRISWOLD, 1972; LEITÃO et al., 1979).

3.4.2. Análise térmica das farinhas

Para avaliar as transformações que podem ocorrer durante o cozimento das farinhas mistas utilizadas na elaboração dos produtos, em função dos diferentes teores de fécula de mandioca utilizados em substituição a parte da farinha de trigo, foram realizadas análises térmicas diferenciais (ATD) e termogravimétricas (ATG). As análises foram realizadas em um equipamento PL – STA da Thermal Sciences, instalado no Laboratório de Geoquímica da UFPA.

3.4.3. Análises morfológicas

A farinha de trigo panificável, a fécula de mandioca, as farinhas mistas utilizadas e os produtos elaborados foram submetidos à caracterização morfológica. Nesta caracterização foi utilizada microscopia eletrônica de varredura (MEV), com auxílio do MEV modelo LEO-1430. As amostras analisadas foram metalizadas com

ouro e as condições de análise foram: corrente do feixe de elétrons 90 μA , voltagem de aceleração constante 15 kv, distância de trabalho 15 mm e elétrons secundários como tipo de imagens. O equipamento está instalado no Laboratório de Geoquímica da UFPA.

3.4.4. Avaliação microbiológica

As análises microbiológicas dos produtos foram realizadas conforme metodologias descritas por Vanderzant e Splitstoesser (1992). Foram pesquisadas as ocorrências de Coliformes a 45°C e *Salmonella sp.*, de acordo com os padrões microbiológicos recomendados pela legislação brasileira vigente (BRASIL, 2001).

3.4.5. Determinação da cor

Para efeitos de comparação entre as diferentes formulações, a cor dos produtos foi determinada por colorimetria *tristimulos*. A técnica simula transformações físicas que acontecem no sistema visual humano.

O colorímetro emite um feixe de luz sobre a amostra, o qual se decompõe em três partes distintas, L, a e b, que se dirigem cada uma, a um fotossensor acoplado a um filtro ótico específico. A representação de L, a e b corresponde à visão humana, à percepção e à interpretação das diferenças de cor. Nesta representação, L indica o fator brilho, a e b são coordenadas de cromaticidade utilizadas em expressões matemáticas. O resultado expressa a variação de cor (ΔE), dado pela Equação 1 (SILVA, 2002).

$$\Delta E^* = (\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)^{1/2} \quad (1)$$

3.4.6. Determinação da atividade de água

A atividade de água (a_w) é um parâmetro de suma influência nas modificações químicas e físicas que ocorrem nos alimentos, pois está associada à quantidade de água disponível para reações indesejáveis, tais como reações de hidrólise e oxidação, crescimento microbiano e escurecimento enzimático.

Para a determinação da a_w amostras do produto foram colocadas em cápsulas próprias do equipamento, as quais foram mantidas devidamente tampadas. No momento da análise o conjunto foi destampado e colocado na câmara do

equipamento (higrômetro AQUAlab 3TE da Decagon). A a_w foi determinada, por leitura direta, após equilíbrio da amostra com o ambiente, na temperatura de 26,4°C.

3.4.7. Farinograma

A resistência das massas, com as diferentes proporções de farinha de trigo panificável e fécula de mandioca foi determinada pelo farinógrafo de acordo com o método 54-21 da AACC (2000).

O farinograma é utilizado para testar as propriedades da amassadura de uma farinha: a resistência da mistura que é necessária para amassar a massa é registrada em função do tempo (SENAI, 2003).

3.4.8. Alveograma

Para determinação da força das farinhas (W) e da razão P/L foi utilizado um alveógrafo e o método 54-30A da AACC (2000).

3.4.9. Falling number

O teste realizado no Falling Number fundamenta-se na rápida gelatinização do amido presente numa suspensão aquosa de farinha, quando submetido a tratamento térmico em banho-maria fervente e na subsequente liquefação do gel formado pela ação da α -amilase presente na amostra. Portanto, a atividade da α -amilase é determinada usando o amido da própria amostra como substrato. O método está padronizado internacionalmente (AACC 56-81B, ICC 107, ISO 3093) e destina-se à determinação da atividade da α -amilase em grãos e farinhas de cereais, principalmente trigo, centeio e cevada.

O valor Falling Number ou número de queda é definido como o tempo total (em segundos) gasto para imergir o tubo viscosímetro no banho-maria, misturar a suspensão aquosa de farinha nele contida e permitir que o agitador viscosímetro desça uma distância fixa através do gel formado, que se encontra em liquefação. Em outras palavras, o valor Falling Number pode ser definido como o tempo total em segundos contado a partir da imersão do tubo viscosímetro no banho-maria até o disparo do alarme do aparelho (final do teste). Esse tempo é diretamente proporcional à viscosidade do gel formado e é inversamente proporcional à atividade

da α -amilase da farinha. Portanto, quanto maior for o valor Falling Number menor é a atividade da α -amilase da farinha.

Na determinação do Falling Number das farinhas, foi utilizado o método 56-81B da AACC (2000).

3.4.10. Análise sensorial

Os produtos elaborados foram submetidos à análise sensorial, através de testes de aceitação e intenção de compra. Os testes foram realizados com 30 provadores não treinados de ambos os sexos.

A análise sensorial dos produtos panificados foi realizada em laboratório com condições adequadas para tal procedimento, com iluminação própria e ausência de interferentes, tais como ruídos e odores.

Teste de aceitabilidade

O método aplicado para os produtos elaborados foi o afetivo, também chamado de teste de aceitabilidade, com escala hedônica. Neste teste o provador expressa o grau de quanto gosta ou desgosta das amostras, utilizando uma escala com valores numéricos que indicam cada uma das expressões verbais hedônicas, permitindo a partir desses números, a análise estatística dos resultados.

Os testes de aceitação foram realizados, com escala hedônica de nove pontos, ancorados em seus extremos nos termos aceitei muitíssimo (9) e não aceitei muitíssimo (1), com auxílio da ficha apresentada na figura 8. Os atributos avaliados para os pães tipo francês e de chá foram: cor, aroma, textura, sabor, aspecto e maciez, enquanto no caso do biscoito doce foram: cor, aparência, sabor e crocância.

Para a realização das análises, 30 provadores não treinados (consumidores) receberam as amostras, um copo de água, uma caneta e a ficha para avaliação. As amostras foram codificadas com três dígitos e os provadores selecionados aleatoriamente.

Nome: _____ Idade: _____ Data: __/__/__

1. Você está recebendo quatro amostras codificadas. Avalie a **APARÊNCIA** das mesmas. Na escala abaixo, indique o quanto você gostou ou desgostou da **COR** das amostras.

9 - gostei extremamente
 8 - gostei muito
 7 - gostei moderadamente
 6 - gostei ligeiramente
 5 - nem gostei nem desgostei
 4 - desgostei ligeiramente
 3 - desgostei moderadamente
 2 - desgostei muito
 1 - desgostei extremamente

Amostra	Atribuição
547	_____
816	_____
392	_____
218	_____

Figura 8. Ficha utilizada no teste de aceitação.

Teste de intenção de compra

O teste de intenção de compra foi realizado para verificação da aceitação global de todos os produtos elaborados. O teste foi realizado logo após o término do teste de aceitabilidade, sendo feito pelos mesmos provadores.

2. Com base na sua opinião sobre as amostras, indique na escala abaixo sua atitude, se você encontrasse esta amostra à venda. **Se eu encontrasse este BISCOITO à venda eu:**

Amostra _____

certamente compraria
 possivelmente compraria
 talvez comprasse / talvez não comprasse
 possivelmente não compraria
 certamente não compraria

Figura 9. Ficha utilizada no teste de intenção de compra.

Análise estatística

Para os cálculos do índice de aceitação (IA), e índice de intenção de compra (IC) foi utilizada a Equação 2, onde M é a média das notas obtidas e X a nota máxima, a qual foi 9 para o teste de aceitabilidade e 5 para a intenção de compra.

$$IA \text{ ou } IC = \frac{M}{X} \times 100\% \quad (2)$$

Os resultados dos testes sensoriais foram submetidos à análise estatística (Análise de Variância – ANOVA) para identificar a existência ou não de diferença significativa entre a aceitação dos produtos elaborados, de acordo com Dutcosky (1996).

Havendo diferença significativa entre as amostras, aplicou-se o teste de Tukey, para quantificar a amplitude da diferença, ainda de acordo com Dutcosky (1996), utilizando a Equação 3.

$$D.M.S. = q \cdot \sqrt{\frac{Q.M.R.}{n}} \quad (3)$$

onde: D.M.S. é diferença mínima significativa, q um valor tabelado, Q.M.R. o quadrado médio do resíduo e n o número de provadores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E REOLÓGICA DAS FARINHAS

Na Tabela 10 são apresentados valores médios, com os respectivos desvios padrões, da composição e de parâmetros de qualidade das farinhas utilizadas: farinha de trigo panificável, fécula de mandioca e as farinhas mistas com fécula de mandioca adicionada à farinha de trigo panificável, nas diferentes proporções.

Tabela 10. Composição média e qualidade tecnológica das farinhas utilizadas no beneficiamento dos produtos da panificação.

Determinações	Farinha de trigo	Fécula de mandioca	Farinha Mista (5%)	Farinha Mista (10%)	Farinha Mista (15%)
Glúten úmido**	24,70 ± 0,22	–	25,53 ± 0,43	23,50 ± 1,30	24,38 ± 0,21
Glúten seco**	8,53 ± 0,10	–	8,73 ± 0,17	8,80 ± 0,66	8,50 ± 0,11
Umidade (%b.u.)*	13,53 ± 0,02	13,99 ± 0,04	14,04 ± 0,04	13,40 ± 0,24	13,83 ± 0,23
Cinzas (%b.s.)*	0,58 ± 0,1	0,11 ± 0,3	0,60 ± 0,1	0,52 ± 0,1	0,41 ± 0,1
Acidez (mL sol. 0,1N de NaOH/100g)*	0,442 ± 0,006	0,149 ± 0,01	0,395 ± 0,005	0,372 ± 0,006	0,339 ± 0,0
Proteínas (%b.s.)*	10,13 ± 1,0	0,17 ± 0,0	10,11 ± 0,01	9,54 ± 0,1	9,06 ± 0,01
Lipídios (%b.s.)*	1,01 ± 0,3	0,21 ± 0,05	1,11 ± 0,1	1,06 ± 0,03	1,01 ± 0,05
Fibras Totais (%)*	3,2 ± 0,11	0,28 ± 0,02	–	–	–
Índice de glúten**	98 ± 1	–	98 ± 0	98 ± 1	98 ± 1
<i>Falling Number</i> (s)**	393 ± 21	–	393 ± 5	358 ± 15	456 ± 19

* Média de três determinações; ** Média de quatro determinações; b.u – base úmida; b.s – base seca.

Em relação à composição, merece destaque os teores de glúten e de proteínas, por serem características marcantes do trigo e não da fécula. O teor de cinzas indica que a fécula de mandioca contém aproximadamente cinco vezes menos minerais que a farinha de trigo panificável. Vale ressaltar que o teor de cinzas da farinha de trigo panificável está de acordo com o recomendado pela Portaria nº763 (BRASIL, 2005), que permite no máximo 0,80% deste constituinte, em base seca.

A fécula de mandioca apresentou valores de umidade e cinzas dentro dos padrões recomendados pela ANVISA (1978), que permite no máximo 14% de umidade e 0,50% de cinzas.

As umidades apresentadas pela farinha de trigo e pelas farinhas mistas encontram-se em nível adequado para uma boa conservação das mesmas, fazendo com que as reações comuns de deterioração, como atividade enzimática e crescimento microbiano, não sejam favorecidas. A Resolução RDC/ANVISA nº 263

(BRASIL, 2005) e a Instrução Normativa nº 8 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2005) estabelecem o valor máximo de 15% para a umidade da farinha de trigo.

Os valores de glúten (Tabela 10) demonstram que todas as farinhas possuem glúten de boa qualidade, com uma boa capacidade de absorção de água; avaliado pelo glúten úmido e pelo índice de glúten elevado, atributo relacionado com a qualidade do glúten formado. Em relação ao índice de glúten, valores inferiores a 40 indicam glúten de baixa qualidade, entre 40-60 glúten originados de farinhas médias e superiores a 60 estão relacionados com glúten de boa qualidade.

Em termos de panificação, o principal interesse é voltado para o teor de proteínas da farinha, uma vez que, partindo da etapa de mistura, as proteínas glutenina (responsável pela elasticidade) e gliadina (responsável pela extensibilidade) irão formar o glúten, responsável pela formação estrutural do pão, bem como por seu volume e rendimento, através da retenção de umidade.

O nível de substituição de parte da farinha de trigo panificável por outras farinhas, depende essencialmente da qualidade e quantidade da proteína presente na farinha de trigo panificável. Quanto melhor a qualidade da proteína, maior será a capacidade de formar glúten, e quanto maior a quantidade desta proteína, maior será sua tolerância à substituição.

Os valores de *Falling Number* (Tabela 10) estão na faixa de 300 a 400 segundos, indicando que a ação da enzima α -amilase é baixa nas amostras analisadas, mostrando que a farinha de trigo utilizada como base pode ser originada de trigo não germinado e que está com boas condições de armazenamento. A α -amilase atua principalmente sobre o amido danificado e no amido gelatinizado, provocando a quebra das cadeias do amido e diminuindo a viscosidade da suspensão.

Com base no farinograma (Tabela 11), pode-se afirmar que, com exceção da farinha mista com 15% de fécula de mandioca, onde os parâmetros da análise a classificam como uma farinha de fraca a média, as demais farinhas podem ser classificadas como de boa qualidade; principalmente nos atributos tempo de estabilidade e ITM (Índice de tolerância à mistura). Isso significa que, com exceção da referida farinha mista, as demais proporcionaram pouca alteração na consistência da massa. A farinha mista com 15% de fécula de mandioca apresenta melhores características para a elaboração de biscoitos e as farinhas mistas com 5% e 10% proporcionaram massas com melhores propriedades para a elaboração de pães.

Tabela 11. Farinograma da farinha de trigo e das farinhas mistas.

Determinações	Farinha de trigo	Farinha mista (5%)	Farinha mista (10%)	Farinha mista (15%)
Abs. (%)	56,5	56,0	56,6	58,2
T.Ch. (min)	1,0	1,0	1,0	1,0
T. Des. (min)	7,0	10,0	7,0	2,0
T. Est. (min)	12,5	13,5	12,0	3,0
ITM (U.B.)	40	50	30	70

Abs. = absorção de água; T.Ch. = Tempo de chegada; T.Des. = Tempo de desenvolvimento; T.Est. = Tempo de estabilidade; ITM = Índice de tolerância à mistura; U.B. = Unidades Brabender.

Através da análise alveográfica (Tabela 12) pode-se constatar que todas as farinhas utilizadas apresentam características mais elásticas, ou seja, possuem maior tenacidade, do que extensibilidade. Essa afirmação pode ser confirmada pelos valores da reação P/L (índice de configuração da curva ou relação entre a pressão máxima e abscissa média de ruptura) e de W (energia de deformação da massa ou força da farinha).

Tabela 12. Alveograma da farinha de trigo e das farinhas mistas.

Determinações	Farinha de trigo	Farinha mista (5%)	Farinha mista (10%)	Farinha mista (15%)
P (mm)	83	112	87	104
L (mm)	68	46	68	58
P/L	1,22	2,43	1,34	1,79
W ($\times 10^{-4}$ J)	220	220	220	250

P = Pressão máxima; L = Abscissa média; P/L = Índice de configuração da curva; W = Energia de deformação da massa.

4.2. ANÁLISE MORFOLÓGICA DAS FARINHAS E PRODUTOS

Na Figura 10 podem ser visualizadas as micrografias da fécula de mandioca e da farinha de trigo panificável utilizadas. Como já mencionado, as micrografias foram obtidas em microscópio eletrônico de varredura (MEV).

Os grânulos de amido presentes na fécula de mandioca (Figura 10A) são constituídos de uma massa homogênea, com forma predominante oval e esférica, sendo alguns côncavo-convexos característicos. Já os grânulos de amido da farinha de trigo (Figura 10B) apresentam formato esférico e lenticular. Tais características estão de acordo com Cereda (2002).

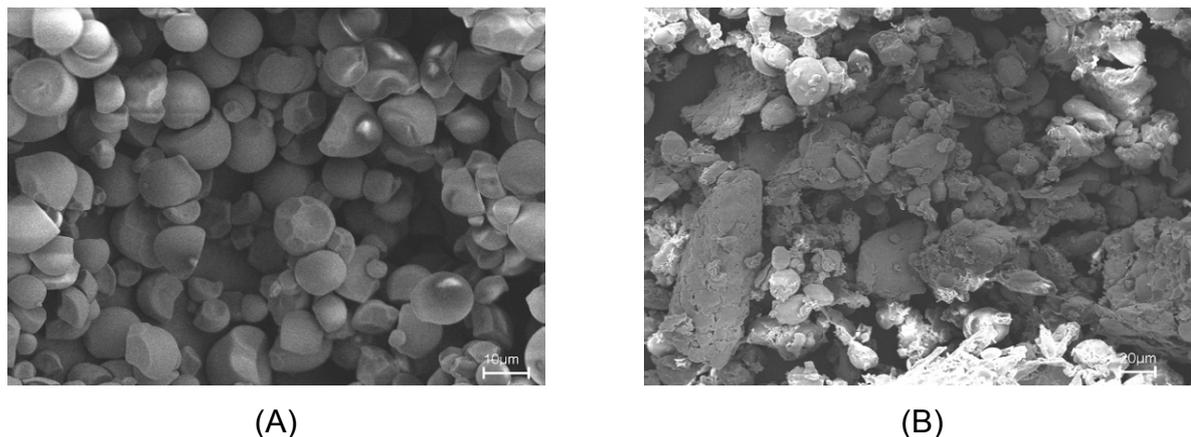


Figura 10. Microscopia eletrônica de varredura (MEV): (A) fécula de mandioca e (B) farinha de trigo panificável.

Pôde-se estimar, a partir das micrografias, que o diâmetro dos grânulos de amido da mandioca (fécula) variou de 4 a 15 μm , com média de 10 μm . Já o diâmetro dos grânulos de amido do trigo variou de 10,5 a 28 μm , com média de 19 μm . Cereda (2002) estimou para os grânulos de amido da mandioca diâmetros variando de 5 a 35 μm , com média de 20 μm e para os grânulos de amido da farinha de trigo, diâmetros variando de 1 a 45 μm , com média de 8 μm .

Pode-se observar, na Figura 11, as modificações estruturais causadas pela adição da fécula de mandioca na farinha de trigo panificável, nas proporções de 5%, 10% e 15%. Quando maior a quantidade de fécula de mandioca adicionada, maior é a predominância das formas mais regulares do amido constituinte da fécula de mandioca.

Na MEV dos pães elaborados com as diferentes proporções de farinha mista (Figura 12), observou-se que ao aumentar a substituição da farinha de trigo por fécula de mandioca, a estrutura dos pães apresentou maior concentração de amido sob a forma esférica; característica da fécula de mandioca. Também verificou-se que as massas obtidas com menores concentrações de fécula apresentaram-se mais compactas.

4.3. ANÁLISE TÉRMICA DAS FARINHAS

Na Figura 13 estão representadas a Análise Térmica Gravimétrica (ATG) e a Análise Térmica Diferencial (ATD) para a farinha de trigo, a fécula de mandioca e as farinhas mistas. O ATG representa a perda de massa e o ATD a energia envolvida quando as amostras são submetidas à temperaturas crescentes.

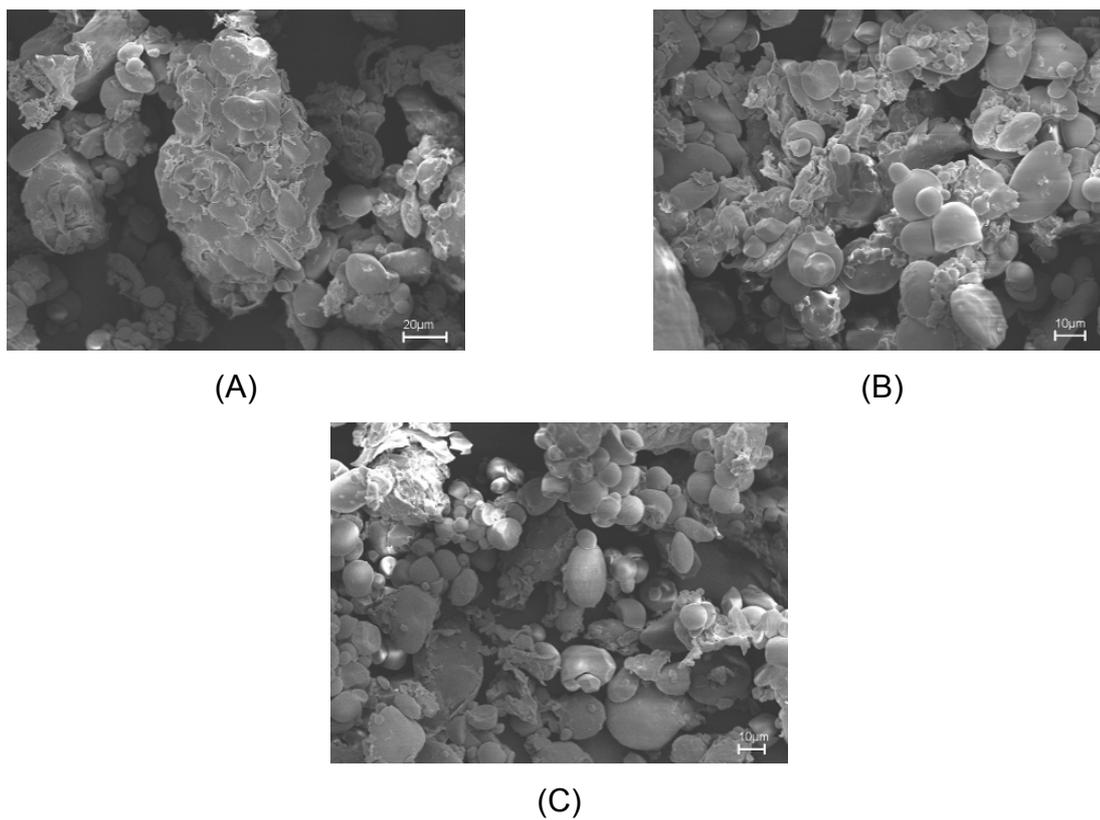


Figura 11. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das farinhas mistas contendo: (A) 5%, (B) 10% e (C) 15% de fécula de mandioca.

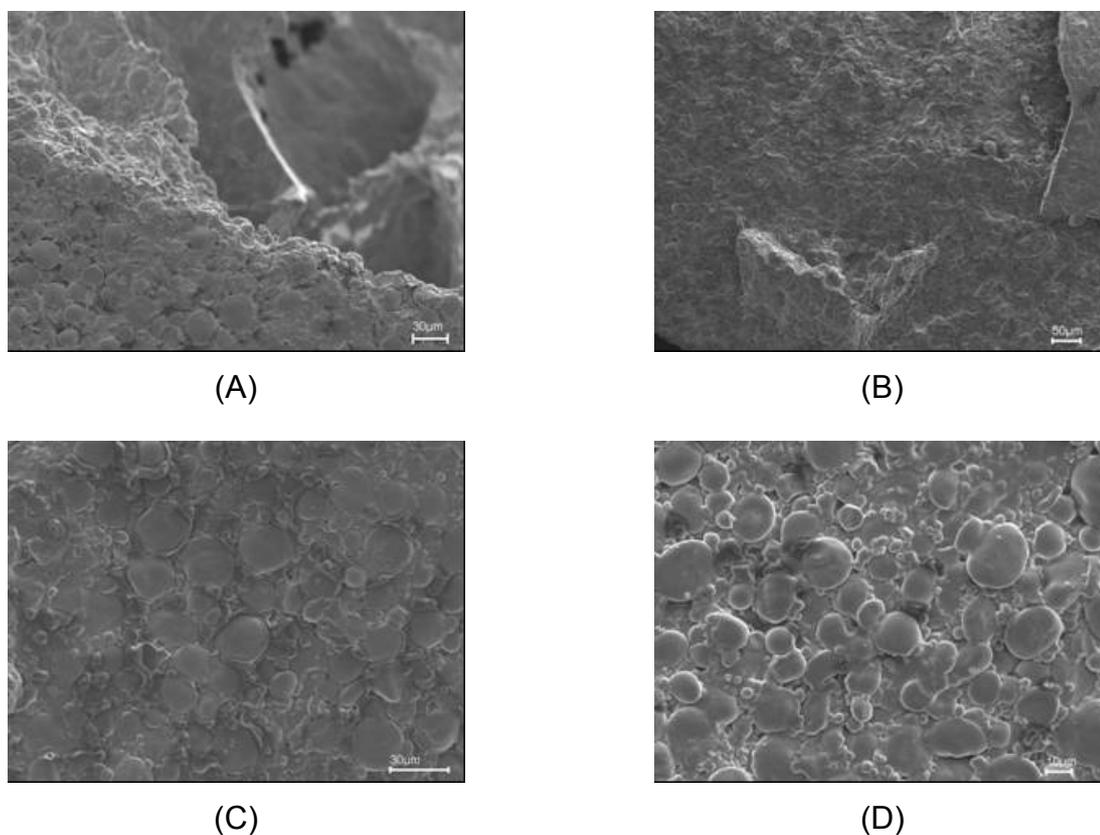


Figura 12. Microscopia do pão francês contendo (A) 0%, (B) 5%, (C) 10% e (D) 15% de fécula de mandioca.

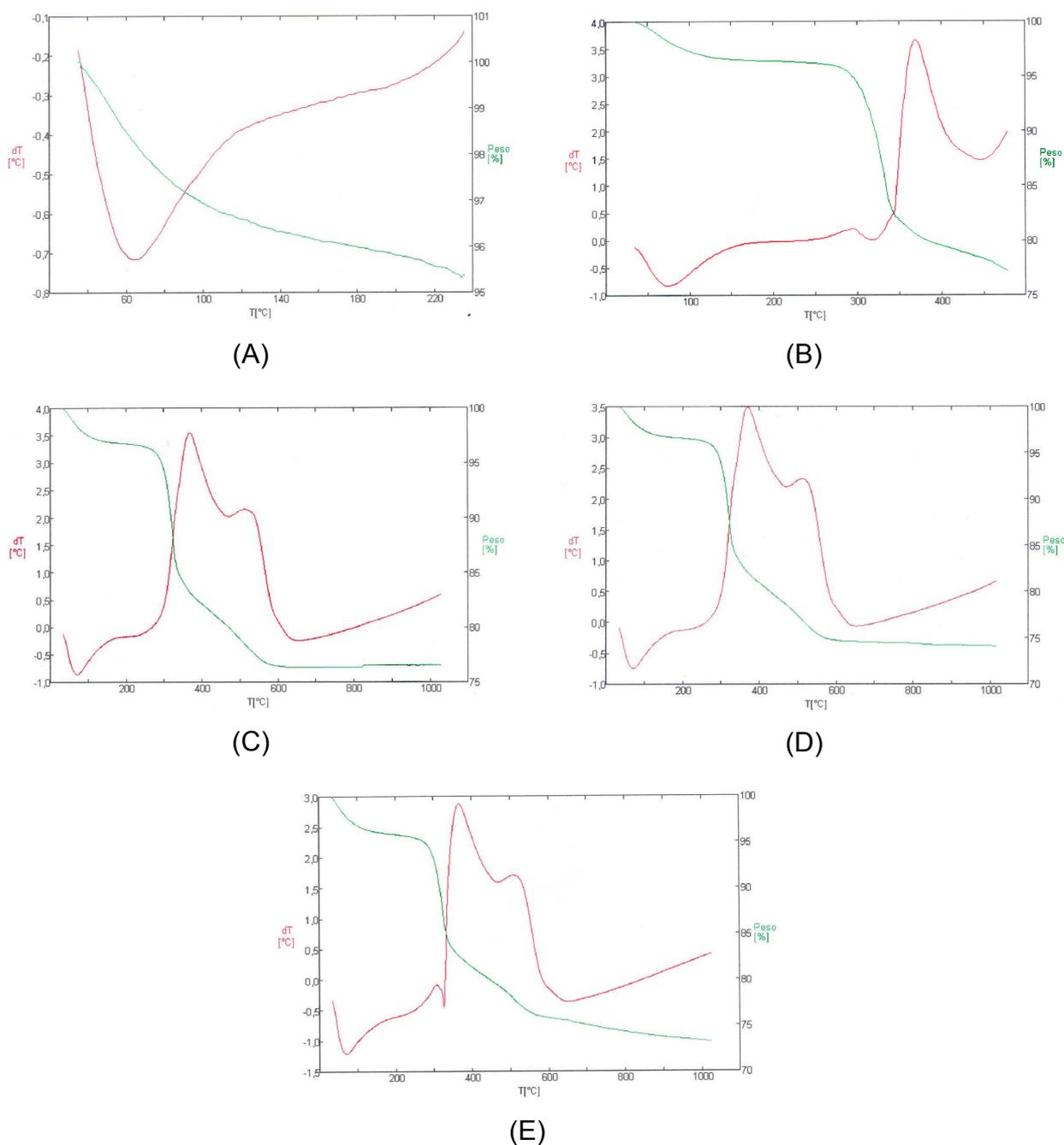


Figura 13. Análise térmica gravimétrica (ATG) (—) e Análise Térmica Diferencial (ATD) (—) das farinhas utilizadas: (A) farinha de trigo, (B) fécula de mandioca, (C) farinha mista 5%, (D) farinha mista 10% e (E) farinha mista 15%.

No assamento do pão e do biscoito a temperatura do forno atinge valores máximos de 200°C, desta forma a avaliação se restringirá a este nível de temperatura. Observando os cinco gráficos da Figura 13 é possível constatar que as curvas da Análise Térmica Diferencial (ATD) apresentam um único pico endotérmico, para todas as farinhas, entre as temperaturas de 60°C e 80°C, a qual corresponde a gelatinização do amido. Desta forma pode-se afirmar que esta é a única modificação

estrutural que ocorre nas farinhas, não havendo interferência da adição da fécula de mandioca na farinha de trigo.

4.4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS PRODUTOS

4.4.1. Caracterização do pão francês

Na Tabela 13 são apresentados os valores médios dos parâmetros físico-químicos, com os respectivos desvios padrões, para o pão francês padrão (sem fécula) e para a formulação que obteve a melhor aceitação. Imagens dos miolos do pão francês são ilustradas na Figura 14.

Tabela 13. Características físico-químicas das formulações de pão francês.

Determinações	Pão Francês (0%)	Pão Francês (10%)
Umidade (%b.u.)*	35,42 ± 0,73	38,84 ± 0,58
Cinzas (%b.s.)*	2,52 ± 0,05	2,16 ± 0,3
Proteínas (%b.u.)*	6,35 ± 0,14	5,70 ± 0,34
Lipídios (%b.u.)*	0,43 ± 0,02	0,49 ± 0,03
Atividade de água (26°C)*	0,952 ± 0,010	0,953 ± 0,005

*Média de três determinações; b.u. – base úmida; b.s. – base seca.

Na Tabela 14 são apresentados os valores médios dos parâmetros físicos, com os respectivos desvios padrões, determinados para as diferentes formulações utilizadas na elaboração do pão francês.

Tabela 14. Características físicas do pão francês.

Determinações	Pão Francês (0%)	Pão Francês (5%)	Pão Francês (10%)	Pão Francês (15%)
Peso da massa inicial (kg)	1,610	1,625	1,590	1,585
Peso do pão cru (g)	55	55	55	55
Temperatura da massa (°C)	23	24	23	24
Peso do pão assado (g)	50	50	50	50
Volume específico (cm ³ /g)*	5,0 ± 0,1	4,8 ± 0,1	3,4 ± 0,1	3,2 ± 0,1
Cor do miolo (ΔE*)	–	–	2,58 ± 1,40	–

* Média de três determinações.

Seguindo recomendações, as determinações de peso e volume específico ocorreram entre 2 e 18 horas após o forneamento. Para ser considerado de boa qualidade, o pão francês deve apresentar, em média, 50 g de peso e de 6 a 8 cm³/g de volume específico (PIZZINATTO et al., 1990; BRASIL, 1997).

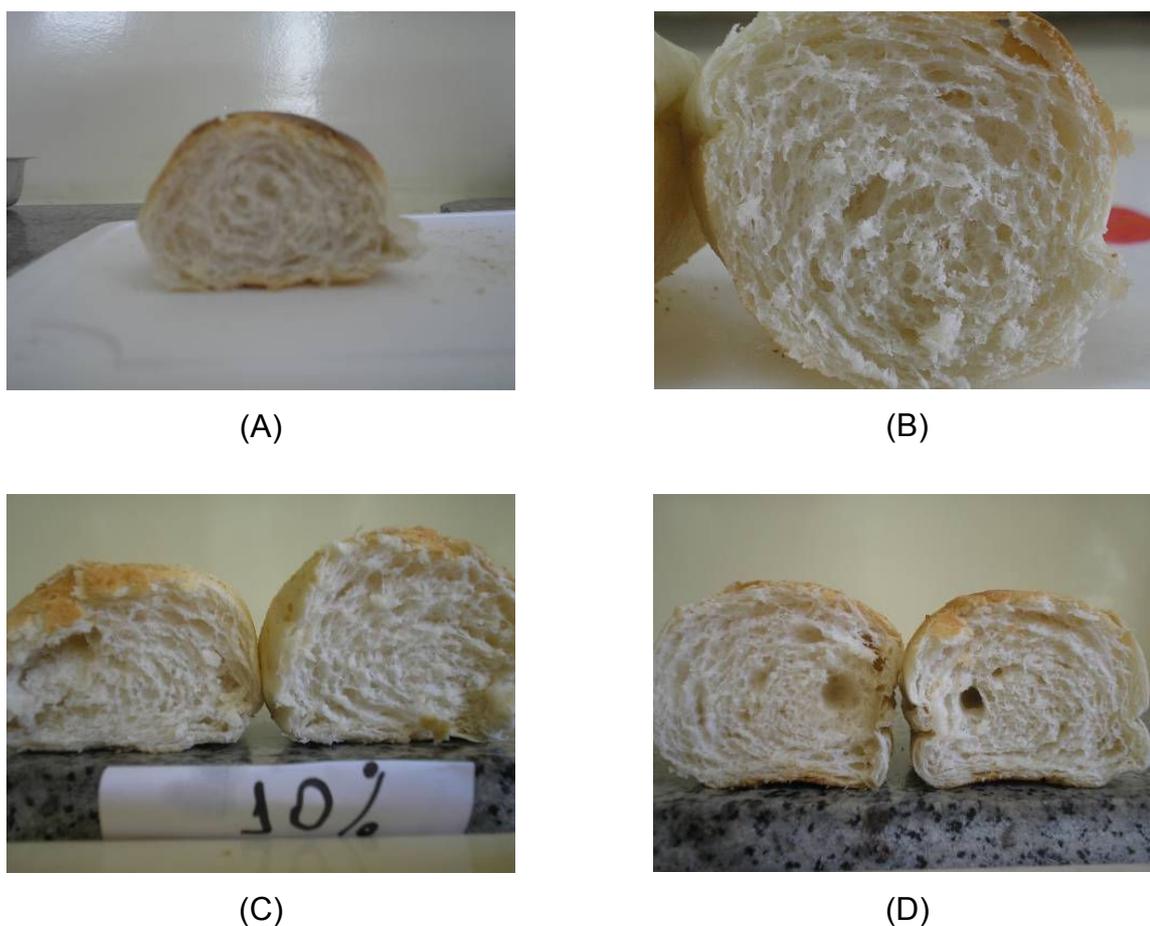


Figura 14. Aspecto do miolo do pão francês contendo: (A) 0%, (B) 5%, (C) 10% e (D) 15% de fécula de mandioca.

Como pode ser observado na Tabela 14 as diferentes formulações de pão francês apresentaram volumes específicos abaixo do valor mínimo sugerido. Este efeito provavelmente foi ocasionado pela qualidade da farinha e/ou pela relação entre as quantidades dos ingredientes utilizados.

Ocorreu uma relação de proporcionalidade inversa entre o volume específico e a quantidade de fécula utilizada na constituição da farinha panificável, ou seja, quanto maior o teor de fécula menor o volume específico do pão. A formulação que sofreu a menor redução foi a contendo 5% de fécula de mandioca.

O comportamento observado deixa evidente que a adição da fécula de mandioca interfere negativamente no volume final do pão francês, certamente por interferir nos fatores característicos da massa: elasticidade, extensibilidade e impermeabilidade.

Todos os produtos apresentaram o peso mínimo de 50 g, estabelecido pela portaria N^o 003/97 do INMETRO (BRASIL, 1997). Em relação à umidade final, pode-se considerar que os produtos analisados encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação em vigor (ANVISA, 2000), que estabelece um limite máximo de 38% de umidade. Os teores de umidade obtidos neste estudo estão em concordância com os obtidos por Ferreira, Oliveira e Pretto (2001), os quais tiveram valores médios de 36,0% para umidade do pão francês.

Os valores de atividade de água (A_w) (Tabela 13) indicam que os produtos se apresentam em uma faixa não capaz de assegurar estabilidade microbiológica. De acordo com Scott (1957), nesse nível de atividade de água os produtos estão propícios à contaminação por bolores. Este é um fator que limita bastante a vida-de-prateleira do pão francês e sugere condições de armazenamento adequadas para o produto.

Em função do valor de $\Delta E^* = 2,58$ (Tabela 14) para o pão francês com 10% de fécula de mandioca, o qual representa a variação de cor em relação ao pão sem fécula, pôde-se constatar que a adição de fécula de mandioca na formulação, interferiu na coloração final do produto.

4.4.2. Caracterização do pão de chá

Foram produzidas quatro formulações básicas de pão de chá, alterando-se apenas a porcentagem de fécula utilizada. Os resultados das análises físico-químicas realizadas no pão de chá padrão e na formulação com a melhor aceitação são apresentados na Tabela 15. Imagens dos miolos dos pães de chá são ilustradas na Figura 15.

Tabela 15. Características físico-químicas das formulações de pão de chá.

Determinações	Pão de chá (0%)	Pão de chá (10%)
Umidade (%b.u.)*	29,78 ± 0,71	32,12 ± 0,25
Cinzas (%b.s.)*	1,02 ± 0,08	0,95 ± 0,13
Proteínas (%b.u.)*	5,88 ± 0,23	4,71 ± 0,30
Lipídios (%b.u.)*	3,47 ± 0,12	3,48 ± 0,11
Atividade de água (26°C)*	0,86 ± 0,050	0,89 ± 0,008

* Média de três determinações; b.u. – base úmida; b.s. – base seca.

O valor da atividade de água deste produto também indica que o mesmo se apresenta em uma faixa não capaz de assegurar sua estabilidade microbiológica,

como no caso do pão francês; requerendo os mesmos cuidados durante o armazenamento.

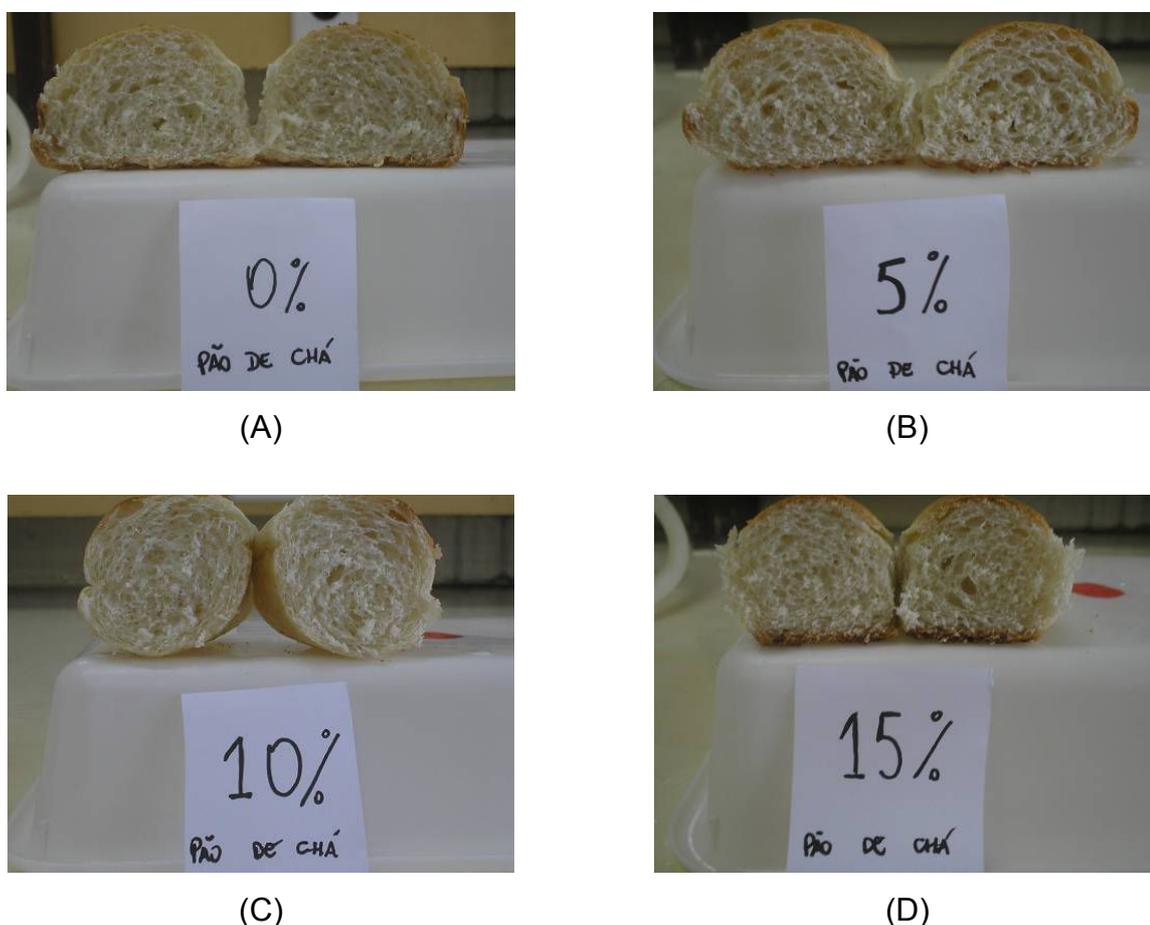


Figura 15. Aspecto do miolo do pão de chá contendo: (A) 0%, (B) 5%, (C) 10% e (D) 15% de fécula de mandioca.

Na Tabela 16 são apresentados os valores médios dos parâmetros físicos, com os respectivos desvios padrões, determinados para as diferentes formulações utilizadas na elaboração do pão de chá.

Tabela 16. Características físicas do pão de chá.

Determinações	Pão de chá (0%)	Pão de chá (5%)	Pão de chá (10%)	Pão de chá (15%)
Peso da massa inicial (kg)	1,735	1,810	1,855	1,900
Peso do pão cru (g)	53,33	58,3	63,3	61,6
Temperatura da massa (°C)	24	25	23	24
Peso do pão assado (g)*	51,66 ± 0,28	56,6 ± 0,28	58,30 ± 0,28	53,3 ± 0,30
Volume específico (cm ³ /g)*	4,59 ± 0,40	3,95 ± 0,34	3,80 ± 0,23	3,57 ± 0,38
Cor do miolo (ΔE)*	–	–	2,23 ± 0,29	–

* Média de três determinações.

Como pode ser observado na Tabela 16 as diferentes formulações de pão de chá apresentam volumes específicos abaixo do valor mínimo sugerido por Pizzinato et al. (1990). O volume está relacionado com a qualidade e quantidade dos ingredientes e também com o processamento do produto (MOINHO RIO NEGRO, 1997; SANCHÉZ et al., 1998).

O pão de chá apresentou o mesmo comportamento do pão francês em relação ao volume específico, ou seja, quanto maior o teor de fécula menor o volume específico do pão. Este resultado já era esperado devido às propriedades da fécula de mandioca. Novamente pode-se afirmar que a adição da fécula também interferiu negativamente sobre o volume do pão de chá.

O peso dos pães atendeu ao mínimo de 50 g estabelecido pela Portaria N°003/97 do INMETRO (BRASIL, 1997) e as umidades também se apresentaram dentro do limite de 38% estabelecido pela ANVISA (2000).

Em função do valor de $\Delta E^* = 2,23$ para o pão de chá com 10% de fécula de mandioca, o qual representa a variação de cor em relação ao pão sem fécula, pôde-se constatar que a adição de fécula de mandioca na formulação, interferiu na coloração final do produto. Este resultado reproduz aquele observado para o pão francês.

4.4.3. Caracterização do biscoito doce

Foram produzidas quatro formulações básicas de biscoito doce, alterando-se apenas a porcentagem de fécula utilizada. Os resultados da análise físico-químicas realizadas na formulação de biscoito padrão e na formulação com a melhor aceitação são apresentados na Tabela 17. Imagens com os aspectos gerais dos biscoitos doces elaborados são ilustradas na Figura 16.

Tabela 17. Características físico-químicas das formulações de biscoito doce.

Determinações	Biscoito (0%)	Biscoito (15%)
Umidade (%b.u.)*	2,60 ± 0,02	2,80 ± 0,01
Cinzas (%b.s.)*	0,56 ± 0,03	0,49 ± 0,06
Proteínas (%b.u.)*	4,57 ± 0,05	3,08 ± 0,52
Lipídios (%b.u.)*	27,25 ± 0,97	27,87 ± 0,69
Atividade de água (26°C)*	0,39 ± 0,01	0,31 ± 0,01

* Média de três determinações; b.u. – base úmida; b.s. – base seca.

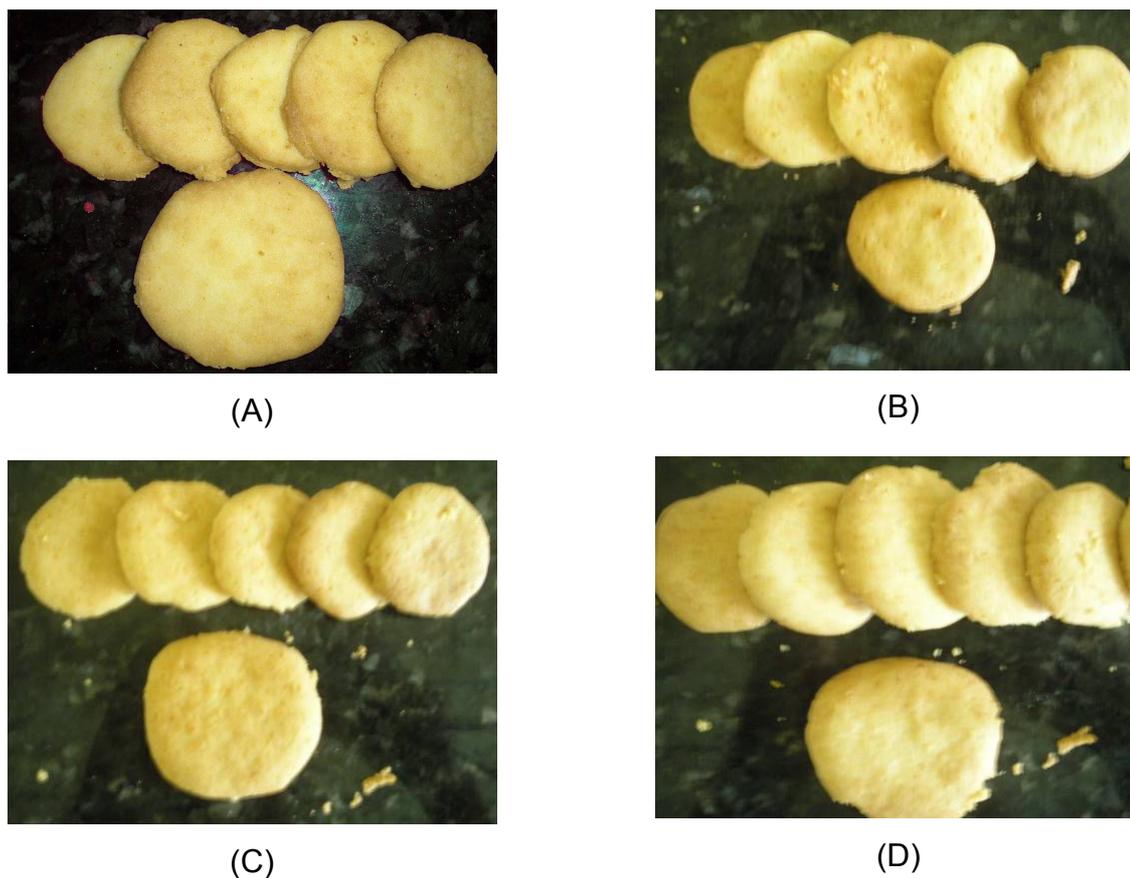


Figura 16. Aparência física dos biscoitos doce contendo: (A) 0%, (B) 5%, (C) 10% e (D) 15% de fécula de mandioca.

Os biscoitos elaborados com 0% e 15% de fécula apresentaram valores de umidade aproximadamente iguais e dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria 12 da Comissão Nacional de Normas e Padrões (1978), que permite um máximo de umidade em biscoitos de 14%. Os biscoitos também apresentaram valores de cinzas enquadrados no limite máximo de 3% estabelecido pela mesma Comissão.

Na Tabela 18 são apresentados os valores médios dos parâmetros físicos, com os respectivos desvios padrões, determinados para as diferentes formulações utilizadas na elaboração do biscoito doce.

Tabela 18. Características físicas do biscoito doce.

Determinações	Biscoito (0%)	Biscoito (5%)	Biscoito (10%)	Biscoito (15%)
Peso da massa inicial (kg)	228,15	225,02	223,21	224,35
Peso do biscoito assado (g)*	62,70 ± 0,32	56,13 ± 0,43	58,56 ± 0,84	53,37 ± 0,51
Diâmetro (mm)	46,86 ± 1,01	46,56 ± 0,86	46,93 ± 0,96	45,23 ± 0,49
Cor (ΔE^*)	–	–	–	1,99 ± 0,29

* Média de três determinações.

Em função do valor de $\Delta E^* = 1,99$ (Tabela 18) para o biscoito doce elaborado com 15% de fécula de mandioca, o qual representa a variação de cor em relação ao biscoito sem fécula, pôde-se novamente constatar que a adição de fécula de mandioca, interferiu na coloração final do produto. Neste caso a variação também foi aproximadamente igual as que ocorreram para os pães franceses e de chá.

4.5. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

As análises microbiológicas realizadas nas formulações de pão francês, pão de chá e biscoito doce com 0%, 5%, 10% e 15% de fécula de mandioca, não detectaram ocorrências de coliformes a 45° e *Salmonella s.p.*, em nenhum dos produtos, com pode ser visualizado na Tabela 19. Os resultados atendem os níveis estabelecidos pela legislação brasileira em vigor (BRASIL, 2001).

Tabela 19. Resultados das análises microbiológicas dos pães francês, pão de chá e biscoito doce.

Análises	Pão francês	Pão de chá	Biscoito doce	Padrão microbiológico (BRASIL, 2001)
Coliformes a 45°C (NPM/g)	0	0	0	10 NPM/g (máx.)
<i>Salmonella s.p./25g</i>	ausência	ausência	ausência	Ausência em 25g

4.6. ANÁLISE SENSORIAL

A partir dos resultados dos testes de aceitabilidade aplicados aos três produtos elaborados: pão francês, pão de chá e biscoito doce foram calculados os Índices de Aceitação (IC), para cada formulação.

Para efeitos de comparação foram realizadas análises de variância (ANOVA), sobre as opiniões individuais de cada provador, para cada produto, em relação aos diferentes atributos avaliados. Os valores de F da ANOVA foram comparados com valores de F tabelados (F_T), fornecidos por Dutcosky (1996). O valor de F maior que o valor de F_T indica diferença para o atributo, no nível de significância equivalente.

4.6.1. Avaliação sensorial do pão francês

Teste de aceitabilidade

Os índices de aceitação (IC) obtidos através do teste de aceitação (análise sensorial), realizado com as diferentes formulações de pão francês, são

apresentados na Tabela 20. A Figura 17 apresenta o resultado do teste de aceitabilidade na forma de gráficos de barras.

Tabela 20. Índice de aceitação (IC) para as diferentes formulações de pão francês.

Formulação	IC (Cor)	IC (Aroma)	IC (Textura)	IC (Sabor)	IC (Aspecto)	IC (Maciez)
Branco	66,30 ^a	91,11 ^a	77,41 ^a	78,89 ^a	76,30 ^a	81,48 ^a
A (5%)	78,89 ^b	87,78 ^a	87,41 ^b	82,59 ^a	82,96 ^a	84,07 ^a
B (10%)	73,70 ^a	89,26 ^a	78,89 ^b	80,74 ^a	80,37 ^a	75,56 ^a
C (15%)	67,04 ^a	90,00 ^a	74,81 ^a	74,44 ^b	74,44 ^a	73,33 ^b

* Letra diferente na mesma coluna indica diferença significativa ($p < 0,05$).

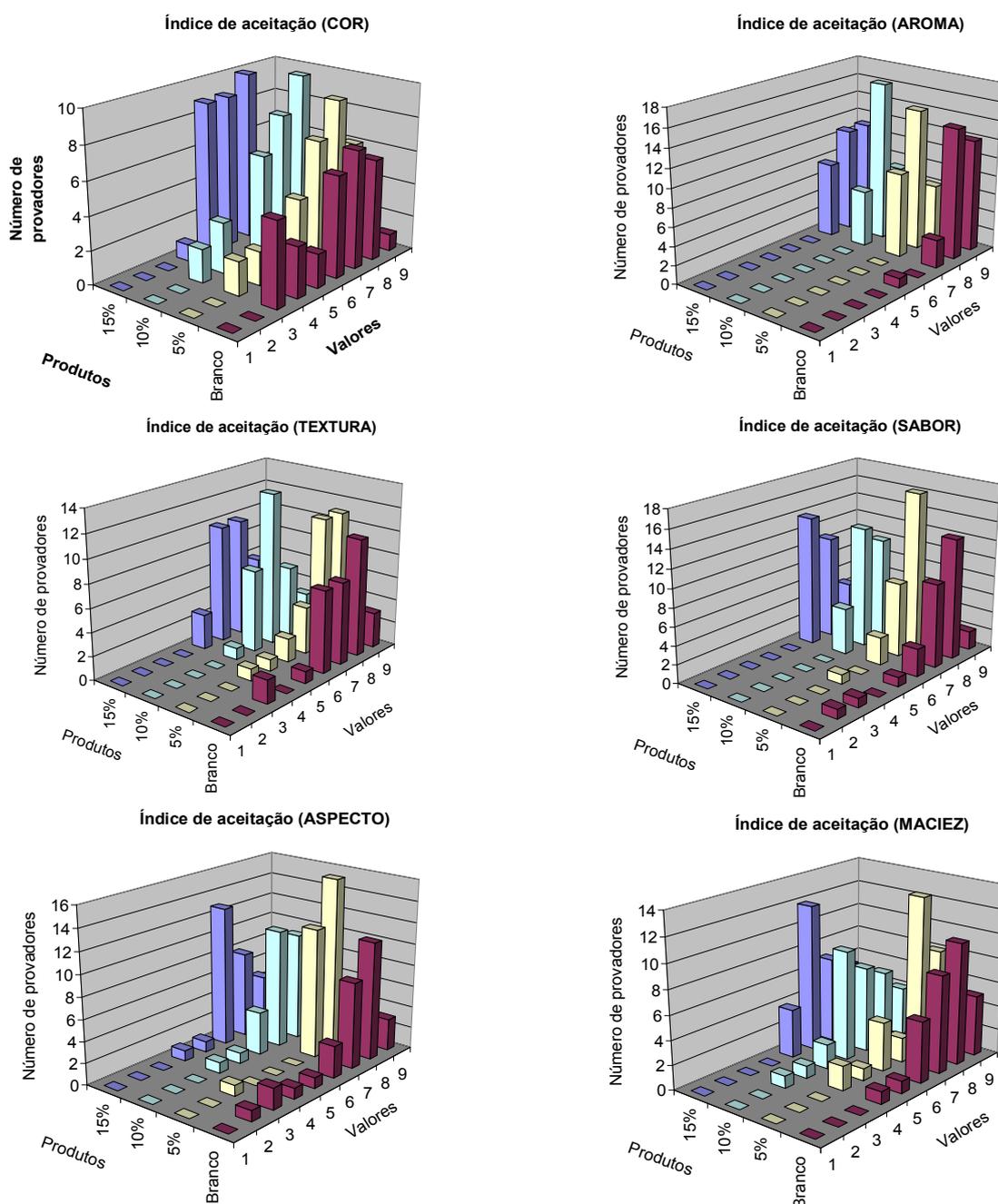


Figura 17. Diagramas de barras para o teste de aceitação aplicado ao pão francês.

A ANOVA permite afirmar, com 99% de certeza, que os atributos aroma e aspecto, não apresentaram diferença significativa entre as diferentes formulações. Com o mesmo nível de significância pode-se afirmar que o atributo cor apresentou diferença significativa entre as formulações. Este resultado ratifica aquele obtido pela colorimetria tristimulus. Aplicando o teste de Tukey observou-se, com 95% de confiança, que a formulação 5% foi a mais aceita neste atributo.

Os atributos textura, sabor e maciez apresentaram diferenças significativas, com 99% de confiança, para as diferentes formulações. Através do teste de Tukey observou-se que: (a) as formulações 5% e 10% foram as mais aceitas para o atributo textura e (b) a formulação 15% foi a menos aceita para os atributos sabor e maciez.

A ANOVA evidenciou que o produto não apresentou diferença significativa para atributos mais objetivos no teste aceitabilidade (aroma e aspecto). As diferenças significativas ocorreram para atributos mais subjetivos, como: cor, textura e maciez, que dão resultados mais confiáveis quando medidos através de técnicas analíticas. Uma confirmação disso foi o fato de ter sido observada a interferência dos provadores nas análises dos referidos atributos, através de maiores valores de F para os provadores, quando comparado com o F tabelado.

O pão com a formulação 5% apresentou um maior volume específico, praticamente igual ao produto elaborado apenas com farinha de trigo; o qual foi mantido após o seu resfriamento. O pão com a formulação 10%, apesar de apresentar um menor volume específico, também o manteve após o resfriamento. Por outro lado o pão com a formulação 15%, apesar de apresentar um volume específico praticamente igual ao pão com 10% de fécula, sofreu uma considerável redução após resfriamento, além de apresentar-se com pouco miolo.

De acordo com as avaliações gerais, as formulações com substituição de 5% e 10% da farinha de trigo pela fécula de mandioca podem ser indicadas para utilização no beneficiamento de pão francês, proporcionando um produto com características de volume e maciez adequadas e uma aceitação muito boa. Este resultado ratifica o resultado da análise reológica das duas farinhas.

Intenção de compra

O resultado do teste de intenção de compra do pão francês elaborado com as diferentes formulações da farinha mista são apresentados na Figura 18. Os gráficos

comprovam que os pães elaborados com substituição de 5% e 10% da farinha de trigo pela fécula de mandioca certamente teriam uma aceitação muito boa no mercado, melhor inclusive que a do pão padrão, sem fécula.

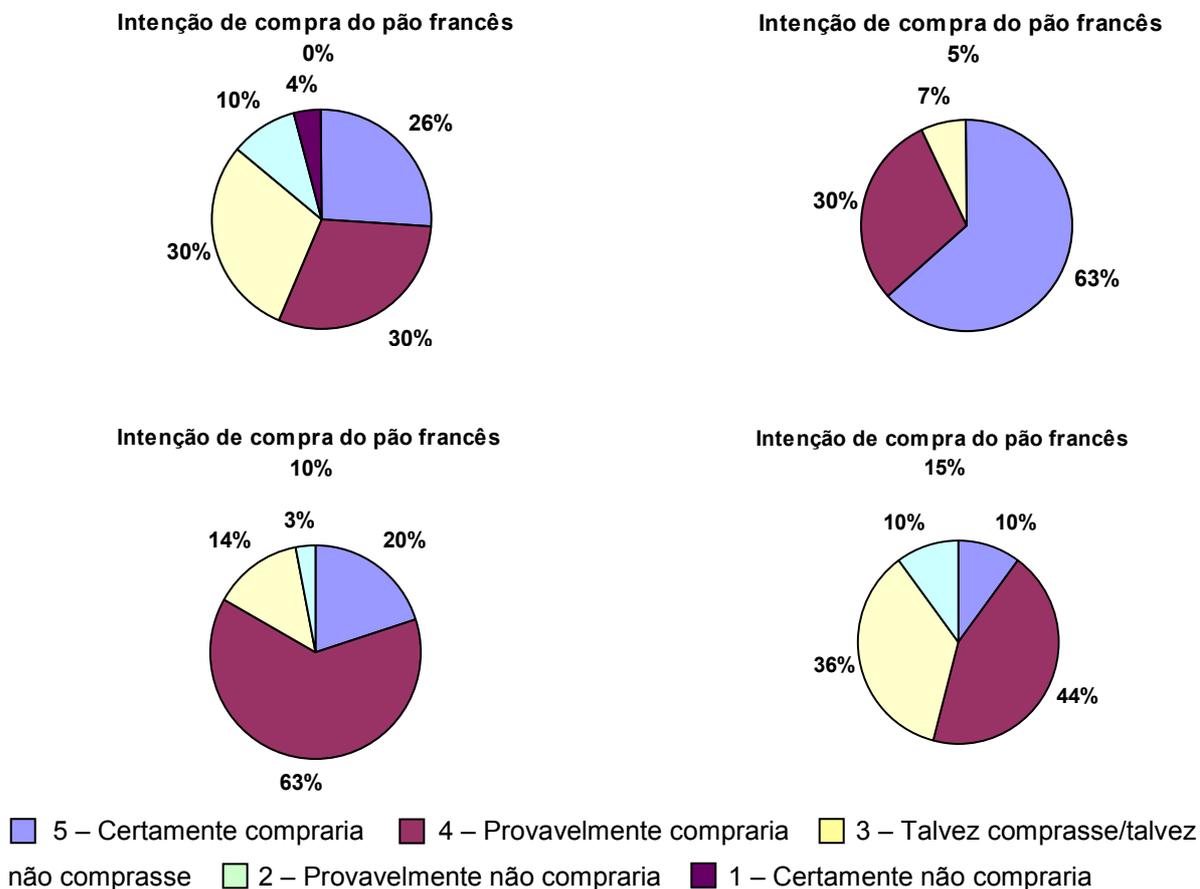


Figura 18. Intenção de compra para o pão francês.

Através da somatória da nota dos itens “certamente compraria” e “provavelmente compraria”, os produtos com 10% e 15% obtiveram os percentuais de: 93% e 83%, respectivamente. Para as formulações sem fécula e 5% essas notas foram 56% e 54%, respectivamente. Esta avaliação comprova o que foi afirmado no parágrafo anterior.

Através de uma avaliação geral dos resultados dos testes de aceitabilidade, características físico-químicas e intenção de compra, mostra-se técnica e comercialmente viável a elaboração de pão francês, com substituição de 5% e 10% da farinha de trigo pela fécula de mandioca.

4.6.2. Avaliação sensorial do pão de chá

Teste de aceitabilidade

Os índices de aceitação (IC), obtidos através do teste de aceitação realizado com as diferentes formulações de pão de chá são apresentados na Tabela 21. A Figura 19 apresenta o resultado do teste de aceitabilidade na forma de gráficos de barras.

Tabela 21. Índice de aceitação para as diferentes formulações de pão de chá.

Formulação	IC (Cor)	IC (Aroma)	IC (Textura)	IC (Sabor)	IC (Aspecto)	IC (Maciez)
Branco	84,44 ^a	90,00 ^a	89,26 ^a	87,78 ^a	90,74 ^a	92,22 ^a
A (5%)	83,33 ^a	85,56 ^a	87,78 ^a	85,56 ^a	87,04 ^a	88,89 ^b
B (10%)	88,15 ^a	88,15 ^a	89,26 ^a	91,11 ^a	86,67 ^a	86,67 ^b
C (15%)	84,44 ^a	86,30 ^a	86,30 ^a	88,15 ^a	84,44 ^a	84,07 ^b

* Letra diferente na mesma coluna indica diferença significativa ($p < 0,05$).

Através da ANOVA dos resultados do teste de aceitabilidade aplicado às diferentes formulações de pão de chá pode-se afirmar, com 99% de certeza, que os atributos cor, aroma, textura, sabor e aspecto não apresentaram diferença significativa entre as mesmas.

A maciez foi o único atributo que apresentou diferença significativa, com 95% de certeza, para o pão de chá. Tal diferença não foi claramente evidenciada pelo teste de Tukey, através do qual pôde-se observar uma suave preferência pela formulação sem adição de fécula, a um nível de significância de 5%.

Como já mencionado na discussão feita para as formulações de pão francês, a maciez é um atributo mais subjetivo, que daria resultados mais confiáveis quando medido através de técnica analítica. A interferência dos provadores na análise deste atributo, evidenciada através de maiores valores de F para os provadores, quando comparado com o F tabelado, foi também neste caso observada. Desta forma, pode-se considerar, de uma maneira geral, que não existe diferença significativa entre as diferentes formulações de pão de chá, devendo a melhor formulação ser indicada através dos parâmetro apresentados a seguir.

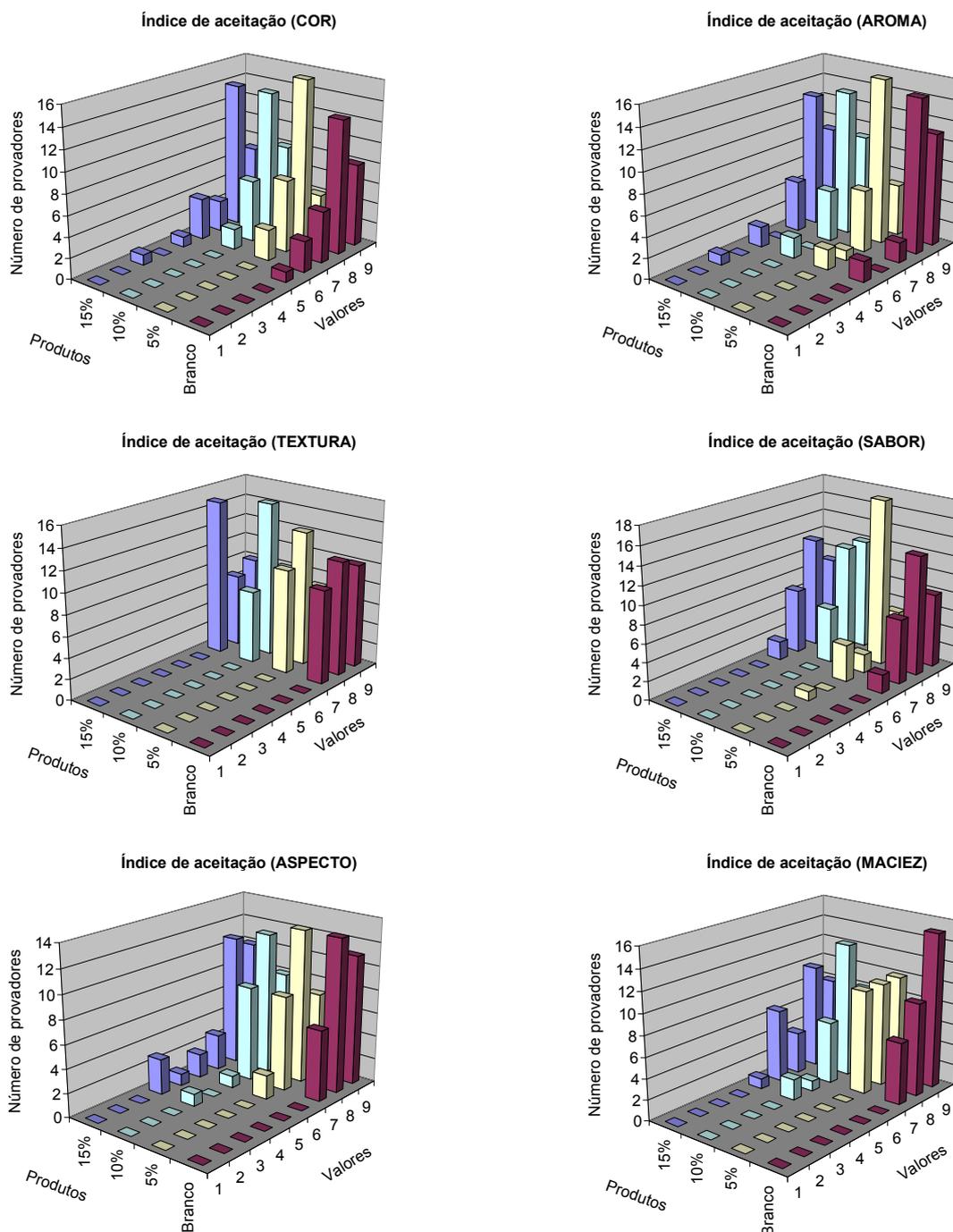


Figura 19. Diagramas de barras para o teste de aceitação aplicado ao pão de chá.

Com base na inexistência de diferença significativa entre as aceitabilidades das diferentes formulações de pão de chá e nas avaliações físico-químicas dos produtos, pode-se indicar como formulações prioritárias as que utilizaram as farinhas com substituição de 5% e 10% da farinha de trigo pela fécula de mandioca.

Entre os pães elaborados com farinha mista, as formulações 5% e 10% foram as que apresentaram os maiores volumes específicos, os quais foram mantidos após resfriamento. Tais volumes foram apenas 15% inferiores ao volume do pão obtido

com a farinha de trigo sem fécula. A formulação 15%, além de apresentar o menor volume específico, o miolo do produto apresentou, de uma maneira geral, maiores alvéolos (menor compactação), quando comparado às demais formulações.

Com base nos testes de aceitabilidade e nas características físico-químicas do pão de chá, as formulações com substituição de 5% e 10% da farinha de trigo pela fécula de mandioca podem ser indicadas para utilização no beneficiamento de pão de chá, proporcionando um produto com características de volume e maciez adequadas e uma aceitação muito boa. Novamente o resultado ratifica o resultado da análise reológica destas farinhas.

Intenção de compra

O resultado do teste de intenção de compra do pão de chá elaborado com as diferentes formulações da farinha mista são apresentados na Figura 20. As representações gráficas indicam que os pães de chá elaborados sem a adição de fécula e aqueles com farinha mista, com substituição de 5% e 10% da farinha de trigo pela fécula de mandioca, foram os que obtiveram as melhores notas na intenção de compra, podendo ser consideradas excelentes.

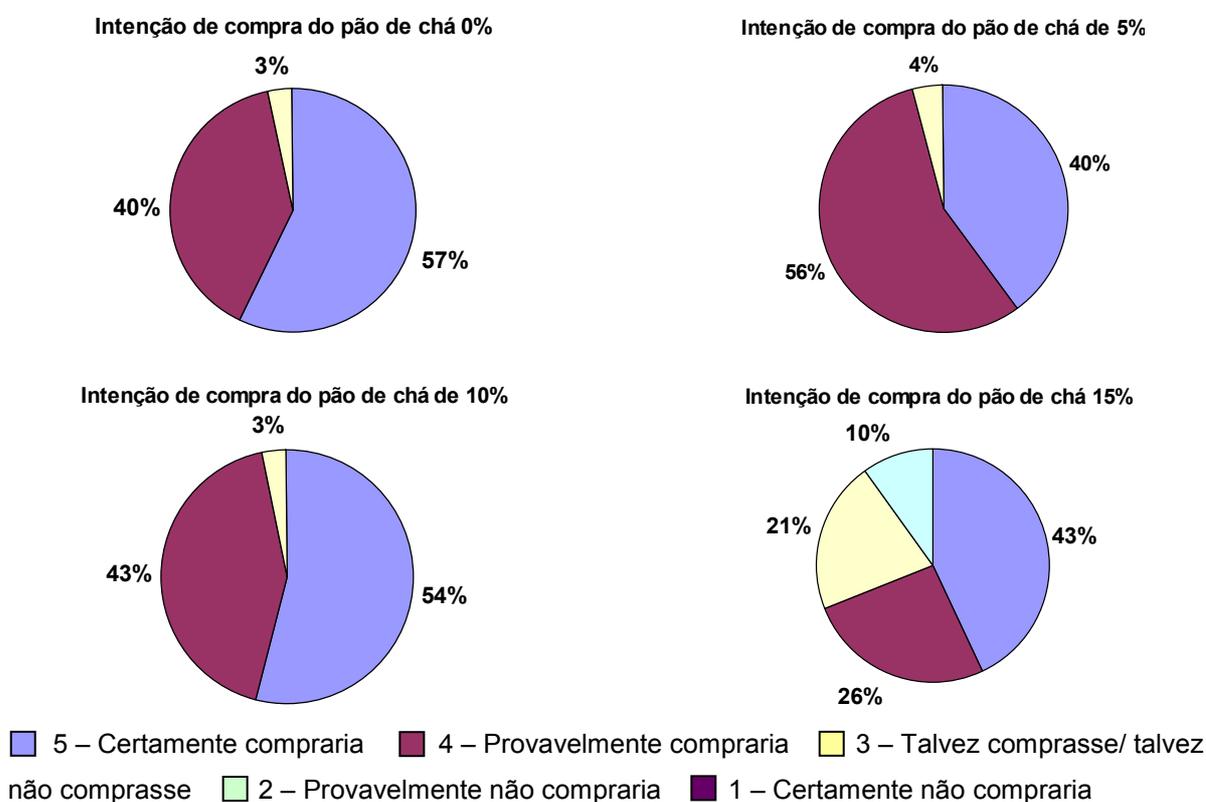


Figura 20. Intenção de compra para o pão de chá.

Na somatória da nota dos itens “certamente compraria” e “provavelmente compraria”, os produtos formulados sem fécula e com 5% e 10% de fécula obtiveram percentuais de 97%, 96% e 97%, respectivamente. Para a formulação 15%, este percentual foi de 69%. Com base nesta avaliação pode-se afirmar que os três primeiros produtos teriam excelentes aceitações se colocados no mercado.

Através de uma avaliação geral dos resultados dos testes de aceitabilidade, características físico-químicas e intenção de compra, mostra-se técnica e comercialmente viável a elaboração de pão de chá, com substituição de 5% e 10% da farinha de trigo pela fécula de mandioca.

4.6.3. Avaliação sensorial do biscoito doce

Teste de aceitabilidade

Os índices de aceitação (IC) obtidos através do teste de aceitação realizado com as diferentes formulações de biscoito doce são apresentados na Tabela 22. A Figura 21 apresenta estes resultados na forma de gráficos de barras.

Tabela 22. Índice de aceitação para as diferentes formulações de biscoito doce.

Formulações	IC (Cor)	IC (Crocância)	IC (Sabor)
Branco	71,48 ^a	70,00 ^a	76,67 ^a
A (5%)	78,15 ^a	69,26 ^a	80,74 ^a
B (10%)	76,67 ^a	79,26 ^a	81,48 ^a
C (15%)	74,81 ^a	82,96 ^b	83,70 ^a

* Letra diferente na mesma coluna indica diferença significativa ($p < 0,05$).

Para o biscoito doce observou-se, através da ANOVA, que os atributos cor e sabor não apresentaram diferença significativa, com 99% de certeza, para as diferentes formulações. Por outro lado, o atributo crocância apresentou diferença significativa para as diferentes formulações, com o mesmo nível de certeza. Através do teste de Tukey pode-se afirmar, com 95% de certeza, que o biscoito doce obtido com farinha mista, com substituição de 15% da farinha de trigo pela fécula de mandioca, obteve a preferência dos provadores. O resultado comprova a predição da análise reológica da farinha mista com 15% de fécula, apontada como melhor para a formulação de biscoito.

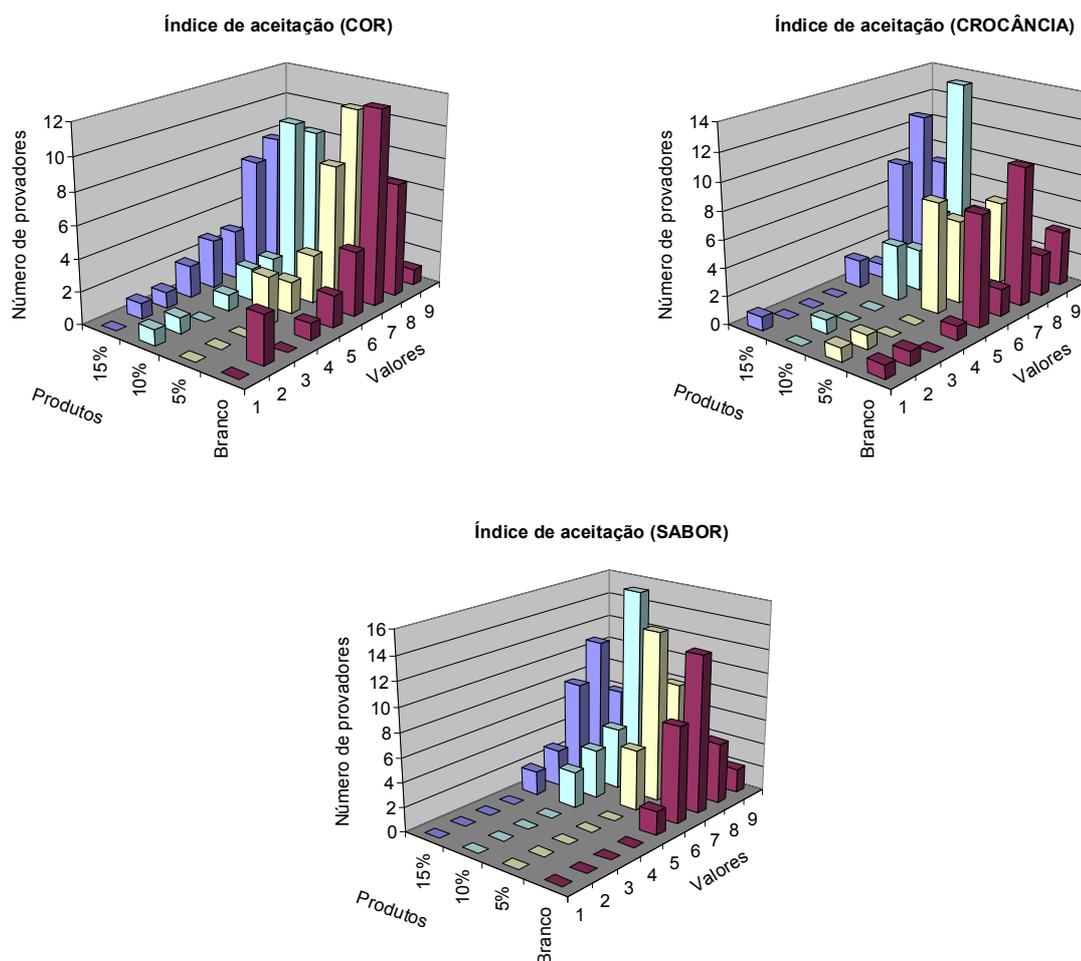


Figura 21. Diagrama de barras para o teste de aceitação aplicado aos biscoitos doce.

Intenção de compra

O resultado do teste de intenção de compra para o biscoito doce elaborado com as diferentes formulações são apresentados na Figura 22. As representações gráficas indicam que os biscoitos elaborados com farinha mista, com substituição de 10% e 15% da farinha de trigo pela fécula de mandioca, foram os que obtiveram as melhores notas na intenção de compra, as quais podem ser consideradas muito boas.

Fazendo a somatória da nota dos itens “certamente compraria” e “provavelmente compraria”, os produtos com 10% e 15% de fécula de mandioca obtiveram as notas 71% e 67%, respectivamente. Para as formulações sem fécula e com 5% essas notas foram 29% e 42%, respectivamente. Com base nesta avaliação pode-se afirmar que as formulações 10% e 15% teriam boas aceitações se colocadas no mercado.

Através de uma avaliação geral dos resultados dos testes de aceitabilidade, características físico-químicas e intenção de compra, mostra-se técnica e comercialmente viável a elaboração de biscoito doce, com substituição de 10% e 15% da farinha de trigo pela fécula de mandioca.

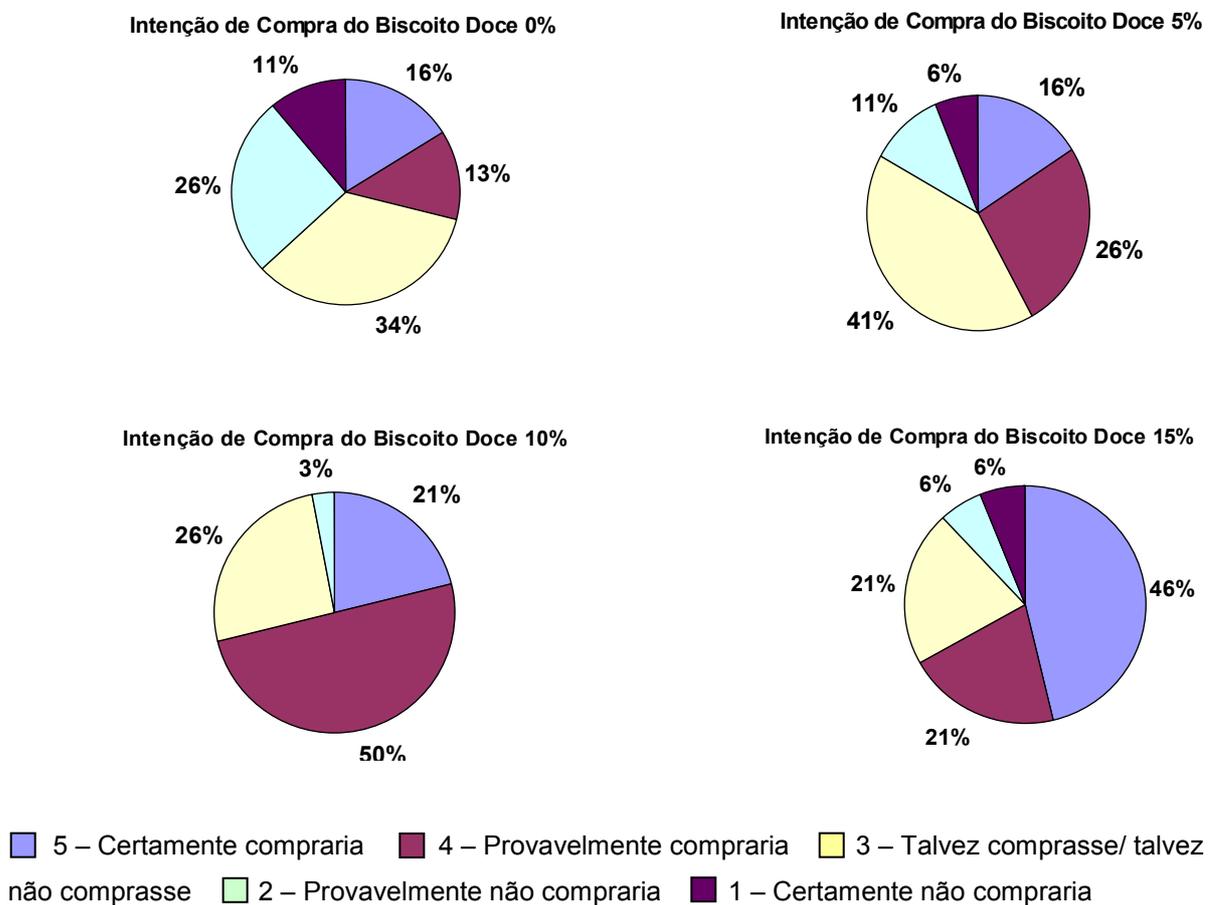


Figura 22. Intenção de compra para o biscoito doce.

5. CONCLUSÕES

Pelas análises reológicas, as farinhas mistas com 5% e 10% de fécula de mandioca foram classificadas como de boa qualidade, sendo mais apropriadas para a elaboração de pães, enquanto a farinha mista com 15% fécula de mandioca foi classificada como de fraca a média, sendo mais indicada para a elaboração de biscoitos.

A Análise Térmica Diferencial (ATD) evidenciou que a única modificação estrutural que ocorre na farinha de trigo, fécula de mandioca e farinhas mistas, nas condições de assamento de pães e biscoitos, é a gelatinização do amido, não sendo observada qualquer interferência da adição da fécula de mandioca à farinha de trigo.

Os resultados das análises microbiológicas dos produtos ratificaram que o processamento utilizado foi satisfatório do ponto de vista da conservação para todos os produtos elaborados, estando os produtos aptos para consumo humano.

Mostrou-se técnica e comercialmente viável a elaboração de pão francês, com farinha mista contendo até 10% de fécula de mandioca sobre a farinha de trigo, tendo o produto obtido aceitação e intenção de compra muito boas.

Constatou-se ser técnica e comercialmente viável a elaboração de pão de chá, com farinha mista contendo até 10% de fécula de mandioca sobre a farinha de trigo, tendo o produto obtido uma aceitação muito boa e uma excelente intenção de compra.

Observou-se ser técnica e comercialmente viável elaborar biscoito doce, preferencialmente com farinha mista utilizando até 15% de fécula de mandioca em substituição à farinha de trigo, tendo o produto obtido aceitação e intenção de compra boas.

A possibilidade de utilização de farinhas mistas, com parte da farinha de trigo substituída pela fécula de mandioca, na elaboração de pão francês, pão de chá e biscoito doce, apresenta-se como uma alternativa para o incentivo à produção da fécula de mandioca e a mandiocultura no estado do Pará.

REFERÊNCIAS

- AACC (American Association of Cereal Chemists). **Approved Methods**, 10th ed., St. Paul: AACC, 2000.
- ABAM. Associação Brasileira dos Produtores de Amidos de Mandioca. **Pão poderá ter amido de mandioca**. Disponível em: <<http://www.abam.com.br>>. Acesso em 01 jul. 2005.
- ABAM. Associação Brasileira dos Produtores de Amidos de Mandioca. **Moinhos terão que adicionar amido de mandioca em farinha destinada a programas governamentais**. Disponível em: <<http://www.abam.com.br>>. Acesso em 28 maio. 2007.
- AICC (Association Internationale de Chimie Cérélière). **Norme ICC n°104**, 1960.
- ALEXANDER, R.J. Fat replacers based on starch. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.40, n.5, p.366-368, 1995.
- ANVISA (Agencia Nacional de Vigilância Sanitária). Regulamento técnico para fixação de identidade de qualidade de amidos e féculas, **RDC n° 12, de 24 de julho de 1978**.
- ANVISA (Agencia Nacional de Vigilância Sanitária). Regulamento técnico para fixação de identidade de qualidade de massas alimentícias, **RDC n° 14, de 21 de fevereiro de 2000**.
- ANVISA (Agencia Nacional de Vigilância Sanitária). Regulamento técnico para fixação de identidade de qualidade de pão, **RDC n° 90, de 18 de outubro de 2000**.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of Analysis**. 16° ed., 3rd rev, 1997.
- ARAÚJO, M.S. **Tecnologia de panificação**. Rio de Janeiro: Manuais CNI, 2.ed., 1985.
- ARIAS, L.V.B. Fécula de mandioca e polvilho azedo para fabricação de pão de queijo. In: Pizzinatto, A; ORMESE, R.de C.S.S. **Seminário Pão de Queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do estado de São Paulo/ Secretaria de Agricultura e Abastecimento/ Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/ Instituto de Tecnologia de Alimentos/ Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate, 2000, p.1-14.
- BEZERRA, J.A. A hora da arrancada. **Revista Globo Rural**, v.19, n.221, 2004.
- BLOKSMA, A.H. Rheology of the breadmaking process. **Cereal Foods World**, v.35, 1990, p.228-236.
- BORGES, J.T.S.; PIROZI, M.R.; LUCIA, S.M.D.; PEREIRA, P.C.; MORAES, A.R.F.; CASTRO, V.C. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos, **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v.24, n.1, 2006, p.145-162.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília 10 jan. 2001.
- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria n° 3 de 10 de janeiro de 1997. Dispõe sobre a comercialização do pão

francês, ou de sal, a peso (pesagem na presença do consumidor) ou unidades de peso nominal definido. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília 15 jan. 1997. Seção 1, p. 816.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. **Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil]**, Brasília 03 de junho de 2005. Seção 1, p. 91.

BRASIL. Ministério da Saúde – Agência Nacional de Vigilância Sanitária – RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. Regulamento Técnico para fixação de identidade e Qualidade de Pão. **Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil]**. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução n. 263 de Setembro 2005 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, p. 368-369, 2005. Disponível em: 17 fev. 2006.

CALVEL, R. **O bom pão: técnica**. [Tradução da palestra proferida no XV Congresso Brasileiro da Indústria da Panificação], jan/fev., 1984.

CALVEL, R. **O pão francês e os produtos correlatos: Tecnologia e prática da panificação**, Fortaleza: J. Macêdo, 1987.

CAMARGO, R.; FONSECA, H.; CARASO, J.G.B.; GRANER, M.; ANDRADE, M.A.; NOGERA, J.N.; CANTARELA, P.R. **Tecnologia de produtos agropecuários – Alimentos**. São Paulo: Nobel, 1989.

CARDOSO, C.E.L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil**. 2004. 188p. Tese (Doutorado) – Escola Superior “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

CARDOSO, C.E.L.; ALVES, L.R.A.; FELIPE, F.I. Avanços nas regras do comércio internacional podem criar oportunidades para a cadeia de mandioca. **Agroanalysis**, v.24, n.10, 2004, p.25-26.

CARVALHO, L.J.C.B.; CABRAL, G.B.; CAMPOS, L. **Raiz de Reserva de Mandioca: um sistema biológico de múltipla utilidade**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000, 16p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Documentos, 44).

CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/Esalq-USP. Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2005, Piracicaba. **Anais eletrônicos**. São Paulo: SP, 2005. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_Mandioca-fécula.pdf>. Acesso em jan. 2007.

CEREDA, M.P. **Caracterização dos resíduos da indústria da mandioca**. In: Resíduo da industrialização da mandioca no Brasil. São Paulo: Paulicéia, 1994.

CEREDA, M.P. **Cultura de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

CEREDA, M.P.; CHUZEL, G.C.; VILPOUX, O.; NUNES, O.L.G.da S. Biotecnologia industrial. In: **Modificação de fécula por fermentação**. São Paulo: Edgard Blücher, p.413-460, 2001.

CIACCO, C.F.; CHANG, Y.K. **Massas**. Campinas: Ícone, 1986.

CIACCO, C.F.; CRUZ, R. **Fabricação de amido e sua utilização**. (Série Tecnologia Agroindustrial). São Paulo: Secretaria de Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia, n.7, 1982. 152p.

COMISSÃO NACIONAL DE NORMAS E PADRÕES. **Resolução 12/78** – Alimentos e bebidas: 47 padrões de identidade e qualidade. In: “Compêndio de Resoluções da C.N.N.P.A.”, publicado pela Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação – ABIA, São Paulo, 1978. 281p.

CONTAMINE, A.S.; ABECASSIS, J.; MOREL, M.H.; VERGNES, B.; VEREL, A. The effect of mixing conditions on the quality of dough and biscuits. **Cereal Chemistry**, 1995, v.72, p.516-522.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E.S.; CARVALHO, A.J.F.; CURVELO, A.A.S.; MATTOSO, L.H.C. Estudo Comparativo de amidos Termoplásticos derivados de milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros Ciência e Tecnologia**, 2005, v.15, n.4, p.168-273.

DEFLOOR, I.; DEHING, I.; DELCOUR, J.A. Physico-chemical properties of cassava Starch. **Starch Starke**, v.50, p.58-64, 1998.

DROULERS, Martine (Coord.). **Brésil: observations des dynamiques territoriales** (Dossier). In: Cahiers des Amérique Latines. Paris: Theal, n.20, p.29-132, 1995.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Chempegnel, 1995.

EL-DASH, A.A.; CAMARGO C.R.O. **Fundamentos da Tecnologia de Panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio e Tecnologia, 1982. 400p.

EL-DASH, M.R; MAZZARI, R.; GERMANI, R. **Tecnologia das farinhas mistas: uso de farinha de trigo e mandioca na produção de pães**. Brasília: EMBRAPA, 1994. 88p.

ELÍAS, J.R.; CONDÉ, A.P. El proceso de panificación: etapas fundamentales y papel de la harina en la mismas. **Alimentaria**, v.22, n.1, p.17-32, 1985.

EMBRAPA – Comportamento de triticale e trigo dos Cerrados Brasileiros na moagem e na produção industrial de pães, biscoitos, bolos e massas alimentícias. **Boletim de pesquisa 004**, Rio de Janeiro, 1982.

EMBRAPA – Cultivo da Mandioca para a Região do Cerrado. In: SIMPÓSIO MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2003, Brasília. **Anais**. Brasília, 2003.

EMBRAPA – Mandioca (*Manihot esculenta Crantz*). In: SIMPÓSIO MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2000, Cruz das Almas, BA. **Anais**. Cruz das Almas, BA, 2000.

EMBRAPA – Processamento da Mandioca. In: SIMPÓSIO MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2003, Brasília. **Anais**. Brasília, 2003.

EMBRAPA – Situação atual da mandioca na Amazônia. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1986, Brasília. **Anais**. Brasília, 1986.

FERREIRA, S.M.R.; OLIVEIRA, P.V.; PRETTO, D. Parâmetros de qualidade do pão francês. **Boletim da CEPPA**, v.19, n.2, p.301-318, 2001.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION – FAO. **Statistical databases**. Faostat.Agriculture([http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture_20 de set./2004](http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture_20%20de%20set./2004))

FRANCO, C.M.L.; DAIUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO, L.J.C.B.; LEONEL, M.; CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S.B.S. **Propriedades gerais do amido**. Campinas: Fundação Cargill, v.1, 2001. 224p.

FUKUDA, C. Seminário. "**A Importância Social e Econômica da Mandioca para o Brasil**". Brasília, 2001. Coordenação: Deputado Federal Aldo Rabelo. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/Internet/wwwdep/gab924/bonifacio/agricultura/SeminarioMandioca.html>>. acesso em: 24 out. 2005.

GARNEIRO, A. H.; CARDOSO, C.E.L.; BARROS, G.S. de C.; ANTIQUEIRA, T.R.; GUIMARÃES, V.D.A. **A indústria do amido de mandioca**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2003. 201p.

GRISWOLD, R.M. **Estudo experimental dos alimentos**. Rio de Janeiro: Programa de Publicações Didáticas – USAID, 1972.

ICEPA. Mandioca: mercado de fécula bastante promissor. Disponível em: <http://www.icepa.rct-sc.br//infony/ultimo/mandioc.htm>. industrial. In: **Modificação de fécula por fermentação**. São Paulo: Edgard Blücher. 2001. p.413-460.

IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social). **Arranjo produtivo da mandioca da região de Paranaíba-Loanda no Estado do Paraná**, Curitiba, 2004. 95p.

LEITÃO, R.F.F.; VITTI, P.; PIZZINATO, A.; CAMPOS, S.D.S.; MORI, E.E.M.; SIROSE, I.I. Farinha de tricale em panificação. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.10, p.45-58, 1979.

LEONEL, M.; JACKEY, S.; CERRADA, M.P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce, um estudo de caso. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.3, p.12-16, 1998.

LIMA, A.L. Mandioca sai da mesa e chega as panificadoras. **Jornal do trópico úmido**, Belém: Embrapa, p.8, 2002.

MAACHE-REZZOUG, Z.; BOUVIER, J.M.; ALLA, K.; PATRAS, C.; Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality biscuits. **Journal of Food Engineering**, v.35, p.23-42, 1998.

MANDARINO, I.M.G. **Componentes do trigo: características, funcionais e tecnológicas**. Londrina: EMBRAPA, 1994. 36p.

MARANGONI, A.L. **Potencialidade de aplicação de farinha de Yacon (*Polymnia sonchifolia*) em produtos à base de cereais**. 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

MOINHO RIO NEGRO. **Apostila de panificação**. Curitiba, 1997.

MONTENEGRO, F.M.; ORMONESE, R.C.S.C. **Avaliação da Qualidade Tecnológica da Farinha de Trigo**. Campinas: ITAL, 2004.

MORETTO, E.; FETT, R. **Processamento e análise de biscoito**. São Paulo: Varela, 1999.

MOURA, E.E. O sabor do pão. **Revista Aditivos e Ingredientes**, n.19, p.66-68, 2002.

NUTRINEWS. **Semi-assado e congelado**: o pãozinho francês se modernizou. Disponível em: <<http://www.nutrinews.com.br/edicoes/9965/mat01.htm>. Acesso em 10 nov. 2003.

OCRIM DO PARÁ. **Curso interno de panificação e noções básicas sobre moagem de trigo**. Belém, 2000.

PEREIRA, J.; CIACCO, C.F.; DILELA, E.R.; TEIXEIRA, A.L.S. Fécula fermentada na fabricação de biscoito; estudo de fontes alternativas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.2, p.8-11, 1999.

PIZZINATTO, A. (Ingredientes para o setor de panificação: uma necessidade. XVII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza) **Palestra**, 2000.

PIZZINATTO, A.; LEITÃO, R.F.F.; VITTI, P. **Curso de panificação**. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento/Instituto de tecnologia de Alimentos, 1990. 50p.

QUAGLIA, G. **Ciência y tecnología de la panificación**. Zaragoza (Espana). Acribia, 1991.

QUEIROZ, G.M. **Determinação de propriedades termofísicas do pão tipo francês durante o processo de assamento**, p.1, 2001.

RAWLS, S.C. **Pão: arte e ciência**. São Paulo: SENAC, p.71, 2005.

ROCHA, R.A. **Obtenção de pão de hambúrguer com fécula de mandioca e castanha-do-brasil e biscoito de castanha-do-brasil com fécula de mandioca**. 2004. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.

SALINAS, R.D. **Alimentos e nutrição: introdução a bromatologia**. 3 ed., Porto Alegre: Artmed, 2002.

SÁNCHEZ, H.D.; OSELLA, C.A.; TORRE, M.A.G. Mejoramiento de la calidad nutricional de pan tipo francés. **Archivos latinoamericanos de Nutricion**, Venezuela, v.48, n.4, p.349-353, 1998.

SCHOBER, T.J.; O'BRIEN, C.M.; McCARTHY, D.; DARNEDDE, A.; ARENDT, E.K. Influence of gluten-free flour mixez and fat powders on the quality of gluten-free biscuits. **European Food Research and Technology**, v.216, p.216-376, 2003.

SCOTT, W.J. Water relations of food spoilage microorganisms. **Advents Food Research**, v.7, p.83-127, 1957.

SENAI.CE. **Controle de Qualidade em Moinhos**. Fortaleza: SENAI, 2003. 100p.

SILVA, C.E.M.; FAÇANHA, S.H.F.; SILVA, M.G.G. Efeito do teor de água, amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de amido de mandioca obtido por fermentação natural. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.1, p.8-11, 1998.

SILVA, E.M. **Otimização de métodos de análise de antocianinas: poder antioxidante e quantificação rápida**. 2002. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

SMITH, P.S. Starch derivatives and their use in foods. In: Lineback, D.R.; Inglett, G.E. **Food Carbohydrates**. Westport: Avi Publishing Company, p.237-269, 1982.

SOUZA, A.S. **O pão Francês**. Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP). Belo Horizonte, 2000.

SRIROTH, K.; SANTISOPASRI, V.; PETCHALANUWAT, C.; KUROTJANAWONG, K.; PIYACHOMKWAN, K.; OATES, C.G. Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. **Carbohydr. Polym.** V.38, p.161-170, 1999.

SUFRAMA. **Potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica de amido de mandioca**. Manaus: Superintendência da Zona Franca de Manaus, 2003, p.18. Disponível em: <http://www.suframa.gov.br>. Acesso em: fev. de 2007.

TÁO, S.A. **Organização numa mini-panificadora**. 1995. __f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

TIBURCIO, D.T.S. **Enriquecimento protéico de farinha de mandioca com farinha de soja de sabor melhorado**. 2000. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

VANDERZANT, C.; SPLITSTOESSEER, D. **Compendium of methods for the microbiological. Examination of food**. Washington, DC: American Public Health, 1992.

VIEIRA, L. M. et al. **Fatores que afetam a competitividade da farinheiras e polvilheiras na agricultura familiar catarinense**. ICEPA/SC. 87p. Set. 2002. Disponível em: <http://www.icepa.com.br>. Acesso em : jan. de 2007.

VILPOUX, O. Amidos adaptados ao uso nas indústrias de alimentos. **Fax/Jornal CERAT/ UNESP**, Botucatu, n.70, p.1-2, 1998.

VILPOUX, O.; CEREDA. M.P. **Caracterização das fecularias no Brasil**. Botucatu: Centro de raízes Tropicais, ENESP, 1995.

VITTI, P.; GARCIA, E.E.C.; OLIVEIRA, L.M. **Tecnologia dos biscoitos**. Campinas, n.1, p.36, 1988.