

KRISCHINA SINGER APLEVICZ

CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS PANIFICADOS À BASE DE
FÉCULAS DE MANDIOCA NATIVAS E MODIFICADAS

Dissertação apresentada como um dos requisitos
para a obtenção do título de mestre em Ciência e
Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Dr. Ivo Mottin Demiate

PONTA GROSSA
2006

TERMO DE APROVAÇÃO

KRISCHINA SINGER APLEVICZ

CARACTERIZAÇÃO DE PRODUTOS PANIFICADOS À BASE
DE FÉCULAS DE MANDIOCA NATIVAS E MODIFICADAS

Dissertação apresentada como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em
Ciência e Tecnologia de Alimentos:

Ponta Grossa, 14 de fevereiro de 2006.

Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate
UEPG/ PR

Prof^a Dra. Ana Cláudia Barana
UEPG/ PR

Prof^a Dra. Silene Bruder Silveira Sarmento
ESALQ/ USP

PONTA GROSSA
2006

AGRADECIMENTOS

A Deus, por te acompanhado meus passos nesta jornada e por ter me amparado nos momentos mais difíceis.

Ao Professor Dr. Ivo Mottin Demiate pela orientação, ensinamentos, amizade e incentivos constantes.

Ao Coordenador do curso Professor Dr. Gilvan Wosiacki pela amizade, apoio e dedicação.

À Capes, pelo apoio financeiro.

Aos colegas e amigos de laboratório Denise, Daniani, Rita, Luciana, Simone Bowles, Carol, Marli, Luiz Gustavo, Genoveva, Tais, Ricardo, Helo, Marcos, Audie, Paula, Mariane, Roberto, Gustavo, Vinícius, Roberta, Mikahely, Daniel, Ezequiel, Simone Beux, Fábio, Ricardo Ikeda, Luigi, Dani, Carol, Ardala, Regina, Makotinho, Manolo, Belinda, Quel, Noira e Luana pelos momentos inesquecíveis de amizade.

As amigas Madelon Mongrue, Simone Inglês, Sulimar Manarim, Tais Boscardin, Larissa Martins, Carolina Prestes, Fernanda Siqueira e Mari Angela Rentechem pelo apoio e pela alegria de uma bela amizade.

Ao amigo Jean Felipe Lopes pela ajuda e amizade.

A Instituição CEFET de Ponta Grossa pela utilização dos laboratórios de sensorial e panificação.

As Professoras Deise e Dra. Nina Waszczyński pela ajuda na análise sensorial.

As Professoras Dra. Joelma Pereira e Dra. Cláudia Câmara de Jesus pela contribuição no desenvolvimento dos estudos.

A Professora Etelvina pelo carinho, ajuda e paciência.

Às Indústrias Pinduca, Frimesa, Corn Products, Emulzint e Dixie Toga pelo fornecimento do material experimental.

Ao Supermercado Tozetto pela permissão do acompanhamento do processo de produtos panificados.

A Claspar (Maringá) pela realização das análises de viscosidade.

Aos funcionários do CIPP.

Aos meus pais, Alberto e Guimara, meus irmãos Cristian e Roseli e minha sobrinha Elen pela paciência, apoio e amor.

RESUMO

O polvilho é utilizado como ingrediente principal na fabricação de biscoitos e de pão de queijo. O polvilho azedo é um produto artesanal, sem padrão de qualidade estabelecido, com problemas de higiene em seu processamento e de oferta. Ainda não está padronizada a tecnologia de produção, assim como a caracterização ou tipificação desse produto. O trabalho teve como objetivo caracterizar produtos panificados contendo féculas de mandioca para uso culinário e modificadas e testar novas formulações, incluindo o subproduto da obtenção do extrato aquoso de soja - *okara*. Neste trabalho, pré-misturas de pão de queijo, biscoito de polvilho, *chipa paraguaya* e amostras de polvilhos doce, azedo e modificados foram comparadas físico-quimicamente. As características de qualidade de pão de queijo, biscoito de polvilho e pão de queijo suplementado com 5, 10 e 15% de *okara* foram investigadas. As características do polvilho azedo que o difere do polvilho doce são: pH, acidez, grau de expansão, viscosidade, claridade de pasta, sinérese e poder redutor. Foram aplicados nos produtos panificados quatro tipos diferentes de fécula, sendo polvilho doce, azedo, fécula modificada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial Expandex® 160003. Obtidos os produtos panificados, foi determinada a composição físico-química e observado que os tipos de féculas influenciaram nas características internas, externas e no sabor. Os pães de queijo suplementados com subproduto *okara* apresentaram uma elevação do teor de proteínas e de fibras alimentares. Os produtos panificados foram submetidos a análise sensorial de aceitabilidade utilizando-se a escala hedônica de nove pontos, com provadores não-treinados. As amostras de pão de queijo contendo polvilho azedo, fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial Expandex® 160003 obtiveram uma aceitação próxima. Para as amostras de biscoito de polvilho verificou-se que as com polvilho azedo e Expandex® 160003 não diferiram estatisticamente. Pães de queijo com 5, 10 e 15% de *okara* não foram consideradas diferentes significativamente em nível de 5% e tiveram boa aceitação.

Palavras-chaves: polvilho, pão de queijo, biscoito de polvilho, *okara*.

ABSTRACT

Cassava starch is used as the main ingredient for making biscuits and cheese bread. Sour cassava starch is produced without an established standard of quality, with hygiene problems in processing, as well as product availability during the years. Still the production technology is not standardized, as well as the characterization of this product. This study has the objective of characterizing baked products with native and modified cassava starches for baked foods and tests a new formulation including the byproduct *okara*. In this work, commercial samples of cheese bread, cassava starch biscuits, *chipa paraguaya* as well as cassava starch, sour cassava starch and modified cassava starches were compared in terms of physicochemical properties. The quality characteristics of cheese bread, cassava starch biscuits and cheese bread supplemented with 5, 10 and 15% of *okara* were investigated. The characteristics of sour starch that makes it different from cassava starch are pH, acidity, degree of expansion, viscosity, clarity of the starch paste, freeze-thaw stability and reducing power. Four different starches were applied in the production of the baked products: cassava starch, sour cassava starch, starch modified with hydrogen peroxide and the modified starch named Expandex[®] 160003. The baked products were evaluated in order to establish their physicochemical properties and observe the influence of the different starches on sensory evaluation. The results showed that the cheese breads supplemented with the byproduct *okara* had an increase in the protein and dietary fiber contents. The baked foods were submitted to an acceptability sensory evaluation with a nine point hedonic scale, involving untrained panelists. For the cheese bread samples containing sour starch cassava, starch modified by oxidation with hydrogen peroxide and the commercial starch Expandex[®] 160003 resulted in close acceptability. For the cassava starch biscuits it was possible to conclude that the sour cassava starch and Expandex[®] 160003 did not differ statistically. The cheese breads made with 5, 10 and 15% of *okara* were not statistically different at the level 5% and had good acceptability.

Keywords: cassava starch, cheese bread, sour cassava starch biscuit, *okara*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Sistema agroindustrial da mandioca no Brasil	19
Figura 2	Produção anual de fécula no Brasil em milhões de toneladas	24
Figura 3	Custos de produção da fécula em 2002	24
Figura 4	Principais setores compradores de amido de mandioca das indústrias em 2004	25
Figura 5	Estrutura da amilose	27
Figura 6	Estrutura da amilopectina	27
Figura 7	Evolução das exportações brasileiras de fécula de mandioca nativa e modificada	36
Figura 8	Fluxograma da fabricação do pão de queijo	47
Figura 9	Fluxograma da fabricação do biscoito de polvilho	54
Figura 10	Ficha de avaliação sensorial de aceitabilidade	67
Figura 11	Ficha para avaliação da intenção de compra dos produtos panificados	68
Figura 12	Ficha para avaliação da textura dos produtos panificados	68
Figura 13	Sujidades de uma amostra de polvilho azedo	83
Figura 14	Sujidades de uma amostra de polvilho doce	83
Figura 15	Viscoamilogramas das amostras de polvilhos azedo, em função do tempo (minutos)(UB – Unidades Brabender)	86
Figura 16	Viscoamilogramas das amostras de polvilhos doce, em função do tempo (minutos) (UB - Unidades Brabender)	86
Figura 17	Viscoamilogramas das amostras de féculas de mandioca modificadas, em função do tempo (minutos) (UB - Unidades Brabender)	87

Figura 18	Valores obtidos para a resistência a ciclos de congelamento/descongelamento para as féculas de mandioca	89
Figura 19	Da esquerda para a direita, pães de queijo produzido com polvilho doce, polvilho azedo, fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial Expandex® 160003	93
Figura 20	Da esquerda para a direita, aspecto do miolo dos pães de queijo produzidos com polvilho doce, polvilho azedo, fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial Expandex® 160003	93
Figura 21	Da esquerda para a direita, biscoitos produzido com polvilho doce, polvilho azedo, fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial Expandex® 160003	95
Figura 22	Da esquerda para a direita, aspecto do miolo dos biscoitos produzido com polvilho doce, polvilho azedo, fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial Expandex® 160003	95
Figura 23	Da esquerda para a direita, pães de queijo com 5%, 10% e 15% de <i>okara</i>	97
Figura 24	Da esquerda para a direita, aspecto do miolo dos pães de queijo com 5%, 10% e 15% de <i>okara</i>	97
Figura 25	Teste de aceitabilidade das amostras de pão de queijo	99
Figura 26	Relação de provadores de pão de queijo por sexo e idade	101
Figura 27	Relação de provadores de pão de queijo por consumo mensal	102
Figura 28	Intenção de compra do pão de queijo elaborado com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio	102

Figura 29	Avaliação da textura do pão de queijo elaborado com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio	103
Figura 30	Frequência de citação de atributos mais e menos apreciados em amostras de pão de queijo	104
Figura 31	Teste de aceitabilidade das amostras de biscoito de polvilho	105
Figura 32	Relação de provadores de biscoito de polvilho por sexo e idade	107
Figura 33	Consumo mensal dos provadores de biscoito de polvilho	108
Figura 34	Intenção de compra de biscoitos de polvilho	108
Figura 35	Avaliação da textura de biscoito de polvilho elaborado com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio	109
Figura 36	Frequência de citação de atributos mais e menos apreciados em amostras de biscoito de polvilho	110
Figura 37	Teste de aceitabilidade das amostras contendo 5, 10 e 15% de <i>okara</i>	111
Figura 38	Relação de provadores de pães de queijo elaborados com <i>okara</i> por sexo e idade	112
Figura 39	Consumo mensal dos provadores de pão de queijo	113
Figura 40	Intenção de compra do pão de queijo elaborado com 15% de <i>okara</i>	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estimativa do mercado de amido de milho e de fécula de mandioca no Brasil	22
Tabela 2	Porcentagem dos produtos obtidos a partir da fécula de mandioca	23
Tabela 3	Temperatura de gelatinização de suspensões de diferentes tipos de amidos com concentração de 8%	28
Tabela 4	Quantidade dos ingredientes utilizados nas formulações de pão de queijo e suas porcentagens em relação à quantidade de polvilho e a todos os ingredientes	63
Tabela 5	Quantidade dos ingredientes utilizados nas formulações de biscoito de polvilho e suas porcentagens em relação à quantidade de polvilho e a todos os ingredientes	64
Tabela 6	Quantidade dos ingredientes utilizados nas formulações de pão de queijo com 5% do subproduto <i>okara</i> e suas porcentagens em relação à quantidade de polvilho e a todos os ingredientes	64
Tabela 7	Quantidade dos ingredientes utilizados nas formulações de pão de queijo com 10% do subproduto <i>okara</i> e suas porcentagens em relação à quantidade de polvilho e a todos os ingredientes	65
Tabela 8	Quantidade dos ingredientes utilizados nas formulações de pão de queijo com 15% do subproduto <i>okara</i> e suas porcentagens em relação à quantidade de polvilho e a todos os ingredientes	65
Tabela 9	Utilização de amidos em produtos panificados industrializados	70

Tabela 10	Relação de ingredientes e aditivos descritos das embalagens das pré-misturas	72
Tabela 11	Relação da composição nutricional e preço descrito nas embalagens das pré-misturas comerciais	72
Tabela 12	Composição centesimal média das pré-misturas de pão de queijo, biscoito de polvilho e <i>chipa paraguaya</i> , expressa em matéria úmida	74
Tabela 13	Estatística descritiva dos dados da caracterização físico-química das pré-misturas de pão de queijo	75
Tabela 14	Valores médios de pH, acidez titulável e expansão das amostras das pré-misturas de pão de queijo, biscoito de polvilho e <i>chipa paraguaya</i>	76
Tabela 15	Composição centesimal média das amostras de polvilho azedo (PA), doce (PD), féculas modificadas comerciais (EX 003 e 103) e fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio (PE) em base úmida	77
Tabela 16	Estatística descritiva de atributos de qualidade físico-química das amostras de polvilho azedo	78
Tabela 17	Estatística descritiva de atributos de qualidade físico-química de amostras de polvilho doce	78
Tabela 18	Valores médios de pH, acidez titulável e expansão das amostras de polvilho azedo (PA), doce (PD), féculas modificadas comerciais (EX 003 e 103) e fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio (PE) em base úmida	79
Tabela 19	Relação do preço por quilograma de amostras de polvilho azedo, doce e féculas modificadas comerciais	84
Tabela 20	Composição centesimal do okara	84

Tabela 21	Temperatura inicial de pasta, viscosidade inicial e final a 95°C, viscosidade máxima, temperatura de viscosidade máxima e viscosidade final das amostras de polvilho azedo, polvilho doce e féculas de mandioca modificadas	85
Tabela 22	Valores de claridade de pasta (%T) em amostras de polvilho azedo, doce e comerciais modificados	88
Tabela 23	Poder Redutor (mg Cu/g fécula) médio das amostras de polvilho azedo, polvilho doce, fécula de mandioca modificada comercial Expandex [®] 160003 e fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio	90
Tabela 24	Composição centesimal em matéria úmida e expansão de pães de queijo produzidos com diferentes tipos de féculas de mandioca	91
Tabela 25	Composição centesimal em matéria úmida e expansão de biscoitos de polvilho	94
Tabela 26	Composição centesimal em matéria úmida e expansão de pães de queijo elaborados com 5, 10 e 15% de <i>okara</i>	96
Tabela 27	Quadro de análise de variância da aceitabilidade das amostras de pães de queijo	99
Tabela 28	Determinação da diferença entre as amostras de pão de queijo	100
Tabela 29	Quadro de análise de variância das amostras de biscoito de polvilho	106
Tabela 30	Determinação da diferença entre as amostras de biscoito de polvilho	106
Tabela 31	Quadro de análise de variância das amostras de pães de queijo elaborados com 5, 10 e 15% de <i>okara</i>	112
Tabela 32	Comentários dos provadores de pães de queijo elaborados com <i>okara</i>	113

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1	AGROINDÚSTRIA DA MANDIOCA	18
3.1.1	Mercado de fécula de mandioca	22
3.2	CARACTERÍSTICAS DOS AMIDOS	26
3.2.1	Composição química	26
3.2.2	Gelatinização	28
3.2.3	Retrogradação	29
3.2.4	Claridade de pasta	30
3.3	PRODUÇÃO DE POLVILHO DOCE E AZEDO	31
3.4	MERCADO DOS AMIDOS E FÉCULAS MODIFICADAS	35
3.4.1	Féculas pré-gelatinizadas	38
3.4.2	Féculas oxidadas	39
3.5	OKARA	43
3.6	PRODUTOS PANIFICADOS À BASE DE FÉCULA	45
3.6.1	Pão de queijo	45
3.6.2	Biscoito de polvilho	53
4	MATERIAL E MÉTODOS	56
4.1	MATERIAL	56
4.1.1	Obtenção das matérias-primas	56

4.2	MÉTODOS	57
4.2.1	Composição das pré-misturas, féculas, <i>okara</i> e dos produtos panificados	57
4.2.1.1	Teor de umidade	57
4.2.1.2	Teor de cinzas	58
4.2.1.3	Teor de lipídios	58
4.2.1.4	Teor de proteínas	58
4.2.1.5	Determinação das fibras alimentares	58
4.2.2	Determinação do pH das pré-misturas e féculas	59
4.2.3	Determinação da acidez titulável das pré-misturas e féculas	59
4.2.4	Determinação das propriedades viscoamilográficas das féculas	59
4.2.5	Claridade das pastas de féculas	60
4.2.6	Resistência a ciclos de congelamento e descongelamento das féculas	61
4.2.7	Poder redutor das féculas	61
4.2.8	Propriedade de expansão das pré-misturas, féculas e dos produtos panificados	61
4.2.9	Determinação de sujidades das féculas	62
4.2.10	Modificação da fécula por tratamento oxidativo com peróxido de hidrogênio	62
4.2.11	Elaboração dos produtos panificados	62
4.2.12	Análise sensorial	66
4.2.12.1	Teste de aceitabilidade	66
4.2.12.2	Teste de intenção de compra	67
4.2.12.3	Teste de textura	68
4.2.13	Análise estatística	68

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
5.1	LEVANTAMENTO DA APLICAÇÃO DE AMIDOS EM PRODUTOS PANIFICADOS INDUSTRIALIZADOS	70
5.2	CARACTERIZAÇÃO DAS PRÉ-MISTURAS	71
5.3	CARACTERIZAÇÃO DAS FÉCULAS (POLVILHO AZEDO, POLVILHO DOCE E MODIFICADAS)	77
5.4	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DO SUBPRODUTO DA ELABORAÇÃO DE EXTRATO AQUOSO DE SOJA (<i>OKARA</i>)	84
5.5	PROPRIEDADES VISCOAMILOGRÁFICAS	85
5.6	CLARIDADE DE PASTA	88
5.7	CICLOS DE CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO	89
5.8	PODER REDUTOR	90
5.9	AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS PRODUTOS PANIFICADOS	91
5.9.1	Avaliação da composição química de pães de queijo	91
5.9.2	Avaliação da composição química dos biscoitos de polvilho	94
5.9.3	Avaliação da composição química do pão de queijo com <i>okara</i>	95
5.10	AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS PRODUTOS PANIFICADOS	97
5.10.1	Avaliação sensorial dos pães de queijo	97
5.10.2	Avaliação sensorial dos biscoitos de polvilho	104
5.10.3	Avaliação sensorial dos pães de queijo elaborados com <i>okara</i>	111
6	CONCLUSÕES	116
	REFERÊNCIAS	119

1 INTRODUÇÃO

A mandioca é uma das mais tradicionais culturas brasileiras, sendo cultivada em praticamente todo o território nacional. Na região Sul concentram-se as unidades processadoras de farinha e fécula (WOSIACKI; CEREDA, 2002). A mandioca pode ser utilizada para o consumo humano como produto culinário ou produtos derivados como farinhas (crua ou torrada) e féculas, como polvilhos doce e azedo, e também para o consumo animal na forma de raspas, ou resíduos da própria indústria, para a fabricação de ração (SUFRAMA, 2003). O segmento da fécula pode ser dividido em dois sub segmentos: um de fécula nativa e fécula fermentada (chamado de polvilho doce e polvilho azedo, respectivamente) e outro de féculas modificadas, que são produzidos a partir da fécula nativa (GARNEIRO et al., 2003).

A fécula de mandioca apresenta características físico-químicas de grande interesse industrial, mas como sua aplicação está concentrada em países tropicais, surge a necessidade do desenvolvimento de féculas que apresentem novas propriedades funcionais. Nos países da América do Sul existe a produção de fécula de mandioca fermentada e seca ao sol, conhecido por polvilho azedo. Esta fécula é capaz de gerar massas que, quando assadas se expandem sem a necessidade de adição de fermento ou de processo de extrusão. Essas massas expandidas são livres de glúten e, sua composição básica é fécula, água, gordura, sal e ovos (pode ser adicionado queijo, para produção de pão de queijo), sendo assadas em forno a aproximadamente 200°C (DEMIATE; CEREDA, 2000).

Devido à propriedade de expansão durante a cocção da massa, o polvilho azedo é um importante ingrediente na formulação de biscoitos salgados expandidos e de pão de queijo. Estes produtos têm várias denominações regionais no Brasil tais como bolo de vento, rosca de polvilho, corujão, biriba; como na Colômbia *pan de bono* e *pan de yuca* e no Paraguai *chipa paraguaya*. O biscoito de polvilho azedo pode ser enquadrado em uma categoria de produtos

com baixo valor agregado, em função de suas características de qualidade. É um produto regional, sobre o qual poucos estudos científicos foram feitos, sua tecnologia de fabricação não segue uma padronização, sendo necessário o estabelecimento de padrões de qualidade para que a cadeia de produção possa se desenvolver.

Partindo-se do princípio de que polvilho azedo é um produto artesanal, com problemas de higiene e de oferta, utilizado na elaboração de uma variedade de produtos panificados, justifica-se um estudo comparativo das características físico-químicas e funcionais do polvilho azedo, polvilho doce, fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial, bem como a aplicação desses amidos na obtenção e desenvolvimento de produtos com boas características sensoriais e com aceitação no mercado.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar produtos panificados contendo féculas de mandioca nativas e modificadas e testar novas formulações adicionadas de *okara*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamento da gama de alimentos panificados contendo amidos nativos (milho, mandioca e batata) e modificados para ter conhecimento da aplicação nesses produtos;
- Investigar a qualidade de pré-misturas, polvilho doce, polvilho azedo e féculas de mandioca modificadas para descrever suas características;
- Caracterizar físico-quimicamente e funcionalmente amostras de polvilho doce, polvilho azedo, fécula de mandioca modificada com peróxido de hidrogênio, féculas de mandioca comerciais modificadas e *okara*;
- Obter e avaliar pães de queijo e biscoitos de polvilho formulados com féculas modificadas quimicamente comparando com os produtos formulados com féculas tradicionais, polvilho doce e azedo, visando melhoria de qualidade dos produtos panificados;
- Obter e avaliar pães de queijo enriquecidos com diferentes proporções de *okara*, visando obter uma formulação que resulte em produtos com características sensoriais aceitáveis.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 AGROINDÚSTRIA DA MANDIOCA

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).

Durante muito tempo, o Brasil foi o maior produtor mundial de raízes de mandioca. Nos últimos anos, passou para a segunda posição, com 20,9 milhões de toneladas, ficando atrás da Nigéria, que produz cerca de 32,7 milhões de toneladas. No Brasil, aproximadamente 1,2 milhão de estabelecimentos agrícolas produzem mandioca. Nas regiões Norte e Nordeste há predominância da agroindústria de produção familiar, sendo inúmeras as indústrias artesanais ou as casas de farinha, cujo produto se destina principalmente ao consumo doméstico. Os estados do Centro-Oeste, do Sul e do Sudeste (regiões Noroeste e Oeste do Paraná, Sul do Mato Grosso do Sul e Alto Vale e Litoral Sul, em Santa Catarina) desenvolvem a atividade voltada para a agroindústria de farinha e fécula, formando importantes pólos de produção (VIEIRA et al., 2002).

A cultura da mandioca tem grande importância no Brasil. A produção de mandioca é transformada em farinha e fécula, gerando uma receita equivalente a 600 milhões de dólares em farinha e 150 milhões de dólares em fécula (FUKUDA, 2001). Há relatos que mostram que 69% das féculas derivadas da mandioca são destinados a uso alimentício, em produtos cárneos, macarrões, sobremesas, pães, biscoitos, molhos, sopas e balas (FRANCO et al., 2001).

O sistema agroindustrial da mandioca no Brasil é dividido em unidades de acordo com sua produção. A Figura 1, a seguir, ilustra essa situação. A unidade doméstica é caracterizada por usar mão-de-obra familiar, não utiliza tecnologias modernas, representa uma pequena parcela de produção e dispõe de capital de exploração de baixa intensidade. A unidade familiar adota algumas tecnologias modernas, tem participação significativa no mercado e dispõe de capital de exploração em nível mais elevado que a unidade anterior. A contratação de mão-de-obra de terceiros é a característica marcante da unidade empresarial. As unidades de grande porte processam mais de 400t de raízes/ dia, passando pelas unidades de pequeno e médio porte, que possuem capacidade instalada para processar menos de 100t e uma média 200t de raízes/ dia, respectivamente (GARNEIRO et al., 2003).

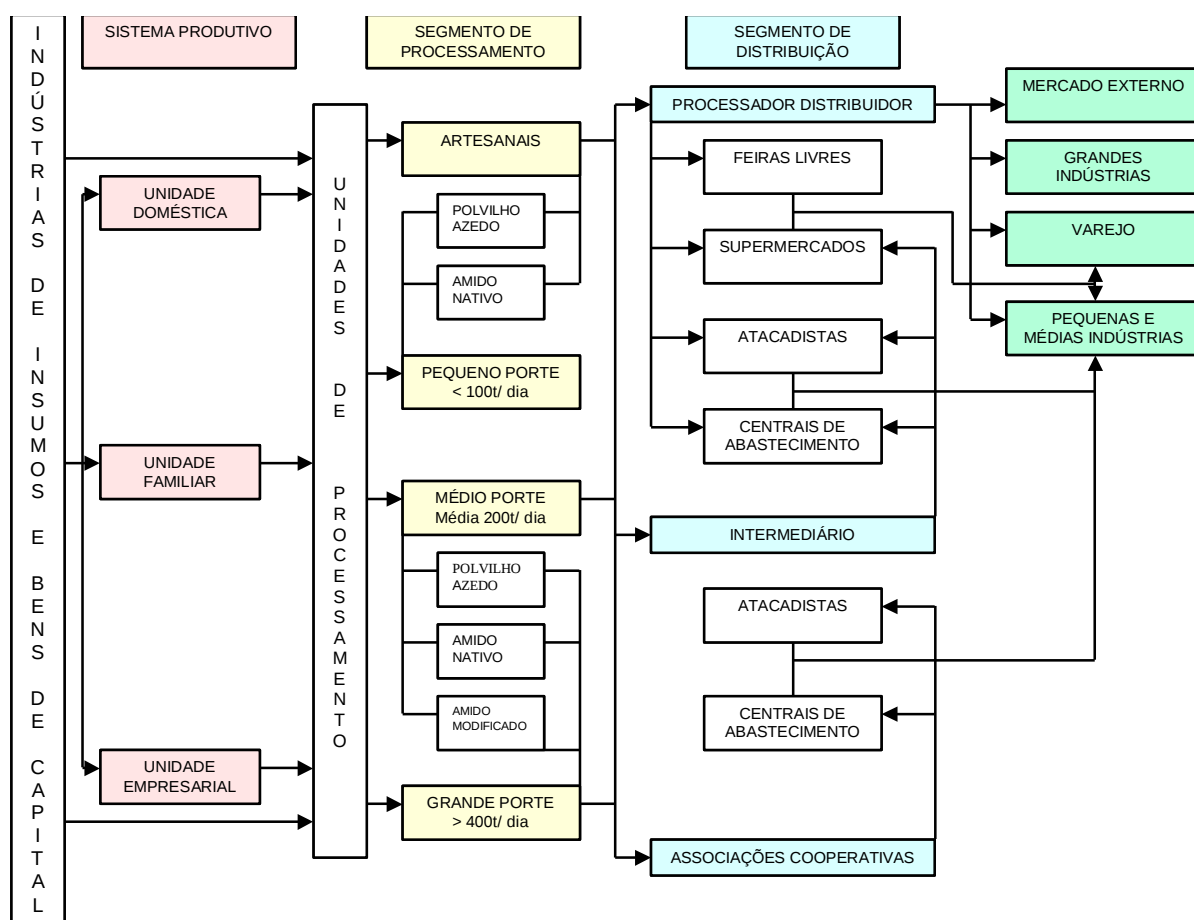


Figura 1- Sistema agroindustrial da mandioca no Brasil.

FONTE: Adaptado de CARDOSO (2001 apud GARNEIRO et al., 2003 p.63)

Percebe-se, recentemente, uma tendência de aumento da oferta de amidos modificados de grau alimentício, mas que ainda são pouco empregados no Brasil. A indústria de alimentos nacional e dos países mais desenvolvidos tem buscado novos ingredientes para a melhoria da qualidade de seus produtos e também para diminuir custos de produção e aumentar lucros sem perda da qualidade sensorial.

Na produção de amidos (papel e celulose, indústria química e têxtil) há empresas nacionais atuando, no entanto, a produção de amidos modificados para fins alimentícios está limitada pelas multinacionais, as quais conseguem atender aos padrões exigidos pela indústria alimentícia. Neste aspecto, é importante salientar a aquisição de algumas fecularias brasileiras por grandes empresas para a obtenção de matéria-prima para as modificações químicas (SILVA et al., no prelo).

Cardoso (2003) citou alguns indicadores de vantagens entre diferentes fontes de amido. Conforme ilustrado no Quadro 1, pode-se destacar algumas vantagens do segmento agrícola da cadeia da fécula de mandioca, como a de apresentar potencial para melhorar a produtividade da matéria-prima e reduzir custos unitários; o processo de extração da fécula é mais fácil e apresenta alto potencial para ser utilizado na indústria alimentar, em razão das suas propriedades funcionais.

Quadro 1 - Indicadores qualitativos da competitividade do amido, segundo as fontes de matéria-prima.

Indicadores	Fontes de matéria-prima				
	Milho	Trigo	Batata	Milho ceroso	Mandioca
Produtividade da matéria-prima	***	***	***	***	*
Potencial para aumentar produtividade	**	*	**	*	***
Competitividade do preço da matéria-prima	***	**	*	***	**
Flexibilidade na obtenção da matéria-prima	***	***	**	***	*
Facilidade técnica de extração do amido	**	**	***	**	***
Valor dos subprodutos	**	***	*	**	*
Custo do tratamento dos resíduos	*	*	**	*	***
Competitividade do preço do amido	***	**	*	**	**
Potencial de aplicação na indústria alimentar	**	**	***	***	***
Potencial de aplicação na indústria não-alimentar	***	***	**	**	**
Apropriação privada dos avanços no setor agrícola	***	***	**	***	*
Nível de organização da cadeia agroindustrial	***	***	***	***	*

Legenda: (***) alto; (**) intermediário; (*) baixo.

FONTE: Adaptado de HENRY (1999 apud CARDOSO, 2003, p.103).

O setor de amido é um dos mais fechados do mundo, sendo que a maioria das pesquisas é realizada dentro das empresas, surgindo as patentes. Essa situação dificulta o desenvolvimento de novas empresas e das indústrias de pequeno porte, pois essas empresas são obrigadas a produzir produtos básicos, com tecnologias simples e valores agregados baixos (FRANCO et al., 2001).

O mercado de amidos vem crescendo e se aperfeiçoando nos últimos anos, levando à busca de produtos com características específicas que atendam as exigências da indústria. A produção de amidos modificados é uma alternativa que vem sendo desenvolvida há algum tempo com o objetivo de superar uma ou mais limitações dos amidos nativos e assim aumentar a utilidade deste polímero nas aplicações industriais (LEONEL; JACKEY; CEREDA, 1998; WURZBURG, 1986).

O potencial de mercado do amido no Brasil está apresentado na Tabela 1, representado pelos três principais tipos de produtos: hidrolisados, amido nativo e modificado. Comparando-se o milho com a mandioca observa-se que o primeiro ocupa destaque com 63,8% da produção para 36,2% da mandioca. Isso ocorre devido a perda de mercado da mandioca proveniente dos pequenos avanços na produção agrícola e falta de organização da cadeia agroindustrial. O mercado brasileiro de fécula de mandioca é dominado pela fécula nativa com 54% da produção, seguido da fécula modificada com 20,8% (VILPOUX, 2003).

Tabela 1 - Estimativa do mercado de amido de milho e de fécula de mandioca no Brasil.

Produtos	Milho	(%)	Mandioca	(%)	Total	(%)
Hidrolisados	595.000	58,3	65.000	11,2	660.000	41,3
Amido nativo	288.000	28,2	312.000	54,0	600.000	37,5
Amido modificado	60.000	5,9	120.000	20,8	180.000	11,3
Polvilho azedo	-	-	50.000	8,7	50.000	3,1
Outros	77.000	7,5	31.000	5,4	108.000	6,8
Total	1.020.000	100,0	578.000	100,0	1.598.000	100,0
(%)	63,8		36,2		100,0	

FONTE: VILPOUX, 2003.

3.1.1 Mercado de fécula de mandioca

O mercado brasileiro de fécula de mandioca movimentou R\$ 573,3 milhões em 2004, com uma produção de 395,4 mil toneladas. Em média cada indústria produziu 6.700 toneladas, considerando o valor médio de R\$ 1,45/ kg (CEPEA, 2005). Do total vendido pelas empresas, 28,4% foram de féculas modificadas e o restante de fécula nativa; pode-se considerar que o mercado de féculas modificadas movimentou R\$ 162,8 milhões, com uma produção de 112,3 mil toneladas em 2004.

A produção da fécula de mandioca está constituída da seguinte forma: 68,2% de fécula nativa, 18,2% de fécula modificada, 10% de polvilho azedo e 3,6% de sagu ou tapioca. A Tabela 2 ilustra essa situação. Dados mostram que 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 dos produtos obtidos a partir da fécula de mandioca.

Produtos	Porcentagem da produção
Fécula nativa	68,2%
Fécula modificada	18,2%
Polvilho azedo	10%
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% na produção em 2004, com 395 mil toneladas (Figura 2). O Paraná é o maior produtor nacional de fécula, representando 65% do total da produção, com 277 mil toneladas no ano de 2003. Entretanto, na visão da Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca (ABAM, 2005), o setor ainda tem muito a crescer, basta ter mais organização e planejamento; com este intuito a ABAM elaborou um planejamento estratégico visando atingir, em 2011, dois milhões de toneladas de fécula com um faturamento global de aproximadamente um bilhão de dólares americanos.

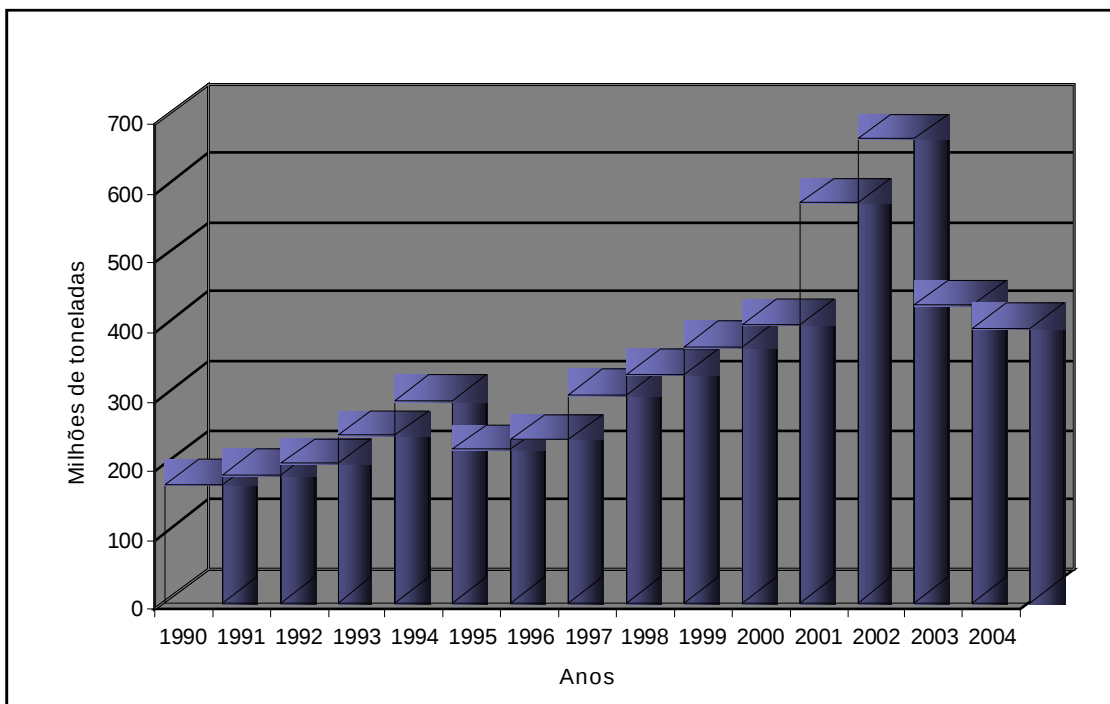


Figura 2 - Produção anual de fécula de mandioca no Brasil em milhões de toneladas.
 FONTE: ABAM, 2005.

Com relação aos custos de produção da fécula, em 2002, pode-se considerar a matéria-prima como o custo mais representativo (52%), seguido de 18% de despesas financeiras, 11% de impostos, 7% de salários e o restante de custos relacionados a manutenção, embalagem, lenha e energia (CEREDA; VILPOUX, 2003). A Figura 3 ilustra essa situação.

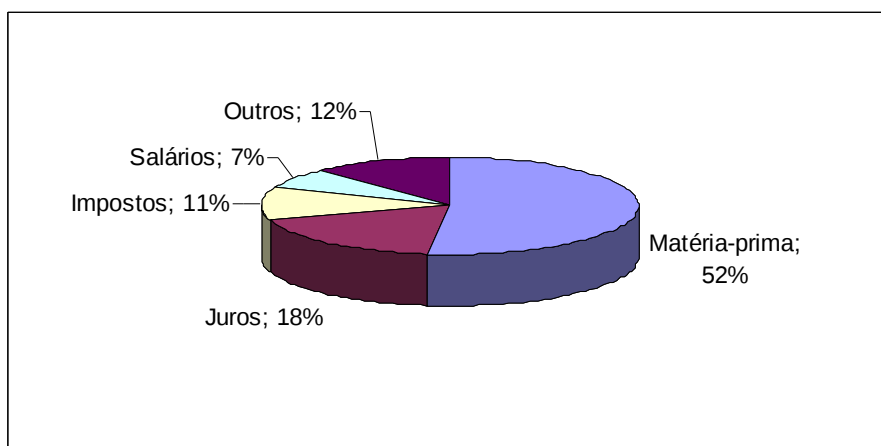


Figura 3 - Custos de produção da fécula em 2002.
 FONTE: CEREDA; VILPOUX, 2003.

Os pequenos produtores de fécula trabalham com uma produção média anual de 10.000 sacas de 50 kg de polvilho azedo, normalmente vendidas para clientes certos. A distribuição do produto é feita principalmente às panificadoras, aos supermercados, a venda direta aos clientes, às confeitarias e aos atacadistas. O produto é armazenado em embalagens de 50, 25, 1 e 0,5 kg. Algumas polvilheiras produzem fécula e terceirizam a pequenos produtores a produção de polvilho azedo. Os pequenos produtores relatam não conseguir definir a quantidade exata de polvilho azedo produzido ao mês devido às oscilações do tempo (SANTOS; WOSIACKI; DEMIATE, 1997).

Cardoso (2003) destacou a problemática da cadeia da fécula de mandioca, relatando que o que ocorre é a falta de informação quanto a aplicabilidade, sendo um fator que restringe a sua competitividade em relação a outros amidos, reduzindo sua demanda.

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

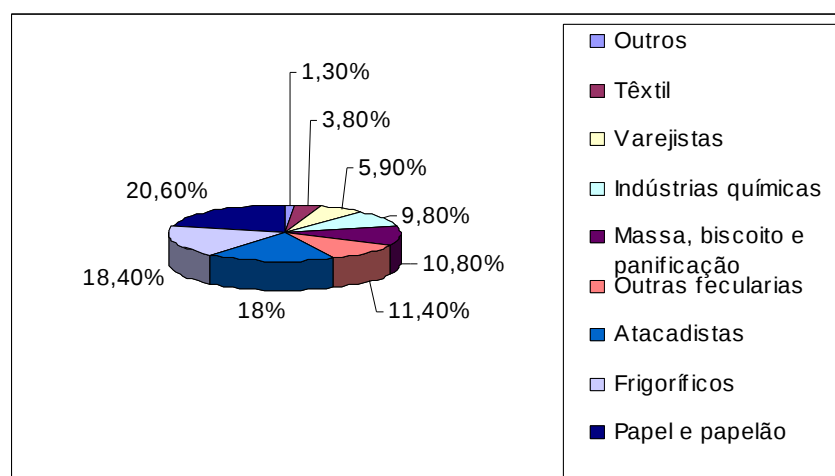


Figura 4 - Principais setores compradores de amido de mandioca das indústrias em 2004.
FONTE: CEPEA, 2005.

3.2 CARACTERÍSTICAS DO AMIDO

3.2.1 Composição química

Amido é o produto amiláceo extraído de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes e rizomas (BRASIL, 2005). O amido e a fécula extraídos das plantas, sem alteração, denominam-se nativos ou naturais, e têm ampla aplicação em diversos setores como indústria têxtil, de papel, farmacêutica, siderúrgica, plástica e alimentícia (CEREDA, 1996). Têm sido tradicionalmente usados na indústria de alimentos como ingredientes ao mesmo tempo com valor calórico e melhoradores das propriedades funcionais em sistemas alimentícios. Dependendo do tipo, o amido pode, entre outras funções, servir para facilitar o processamento, fornecer textura, servir como espessante, fornecer sólidos em suspensão e proteger os alimentos durante o processamento (SMITH, 1982).

As indústrias de alimentos e os produtores agrícolas estão interessados na identificação e no desenvolvimento de espécies que produzam amidos nativos com características físico-químicas especiais, que poderiam abrir novos mercados (KIM et al., 1995). Nos últimos anos muitos amidos foram introduzidos para uso alimentar, como arroz, trigo e amaranto, e de plantas híbridas, como o de milho ceroso; estes amidos apresentam propriedades particulares, ausentes no amido de milho regular (ALEXANDER, 1996).

A amilose é um polímero com estrutura linear que contém até 6.000 unidades de α -D-glicopiranosas unidas por ligações glicosídicas α -1,4, sendo considerada a principal responsável pelo processo de retrogradação do amido. A amilopectina tem uma estrutura altamente ramificada, consistindo de cadeiras de amilose com uma variação de grau de polimerização (DP) de 10 a 60 unidades de glicose. O DP médio dessa cadeia é de aproximadamente 20. Elas estão unidas umas às outras por ligações α -1,4 e α -1,6. O peso molecular da amilopectina é cerca de 1000 vezes o peso molecular da amilose. A

amilopectina é menos propensa à retrogradação do que a amilose, tende a ser solúvel, formando soluções que não gelificam sob condições extremas de altas concentrações e baixas temperaturas (ARIAS, 2000; CEREDA, 1996; ELLIS et al. 1998; WANG, 1997). As Figuras 5 e 6 ilustram a estrutura da amilose e amilopectina.

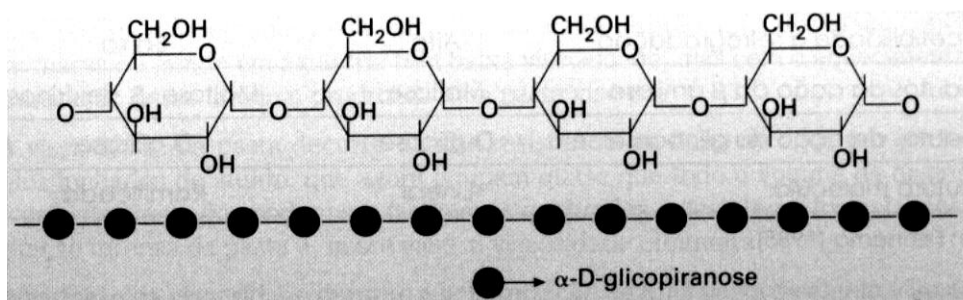


Figura 5 - Estrutura da amilose.
FONTE: RIBEIRO; SERAVALLI, 2004.

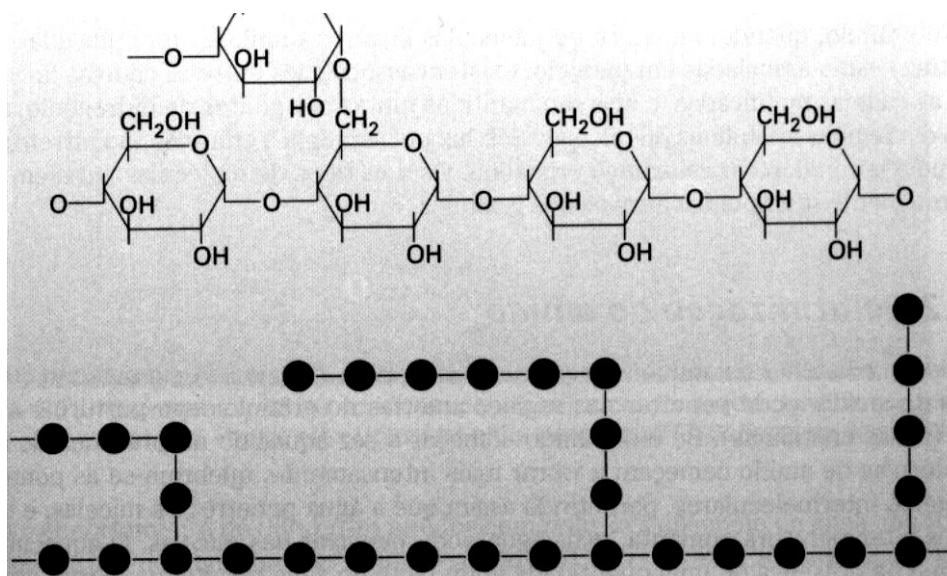


Figura 6 - Estrutura da amilopectina.
FONTE: RIBEIRO; SERAVALLI, 2004.

O grânulo de amido é constituído de moléculas de amilose e amilopectina associadas entre si por pontes de hidrogênio, formando áreas cristalinas radialmente ordenadas. Entre essas áreas cristalinas existem regiões amorfas, nas quais as moléculas não têm uma orientação particular. As áreas cristalinas mantêm a estrutura do grânulo e controlam o

comportamento do amido em água, fazendo com que o grânulo de amido absorva uma quantidade limitada de água, embora seja constituído de polímeros solúveis ou parcialmente solúveis neste líquido (CIACCO; CRUZ, 1982).

A fécula de mandioca apresenta cerca de 18% de amilose e 82% de amilopectina. Nos amidos de cereais a amilose ocorre em porcentagens de 20 a 25% (CEREDA et al., 2001).

3.2.2 Gelatinização

A gelatinização é o colapso do arranjo molecular onde o grânulo de amido sofre mudanças irreversíveis em suas propriedades de modo que o grânulo intumescça, ocorra fusão da cristalinidade nativa, perda de birrefringência e solubilização do amido. O ponto de gelatinização inicial e a proporção sobre o qual ele ocorre é determinado pela concentração de amido, método de observação, tipo de grânulo e fonte botânica (ATWELL et al., 1998).

As féculas têm temperaturas de gelatinização inferiores às dos amidos, o que em algumas aplicações permite o trabalho em temperaturas mais baixas, como o que ocorre na fabricação de embutidos. Na Tabela 3 podem ser visualizadas as faixas de temperatura de gelatinização de diferentes tipos de amido e féculas. A fécula de mandioca possui aroma e sabor neutros. Em suspensão aquosa, quando submetida ao calor forma pastas claras e translúcidas apresentando pastas de viscosidades elevadas e instáveis (ARIAS, 2000).

Tabela 3 - Temperatura de gelatinização de suspensões de diferentes tipos de amidos com concentração de 8%.

AMIDO	FAIXA DE GELATINIZAÇÃO (°C)
Milho	75-80
Batata	60-65
Mandioca	65-70

FONTE: ARIAS, 2000.

Uma das medidas para se avaliar o grau de gelatinização do amido é aquela obtida pelo viscoamilógrafo Brabender. Com esse instrumento é possível obter curvas de viscosidade aparente para uma suspensão de amido submetida a agitação e aquecida, ou resfriada, a uma taxa constante (crescente ou decrescente) de temperatura. A partir das curvas de viscosidade aparente pode-se obter informações sobre a temperatura de início de formação de pasta, a resistência dos grânulos inchados à ação mecânica, a viscosidade máxima e a temperatura em que ela ocorre, assim como a influência do resfriamento sobre a viscosidade (SCHOCH; MAYWALD, 1968).

O processo de gelatinização também é chamado de escaldamento. Pereira (1998) afirmou que o escaldamento promove modificações na estrutura interna dos grânulos de amido, como hidratação e inchamento, aumento da claridade da pasta e acentuado e rápido aumento da consistência da pasta.

3.2.3 Retrogradação

A retrogradação, segundo Atwell et al. (1998), é um processo que ocorre quando as moléculas de amido gelatinizado começam a se reassociar em uma estrutura ordenada. Nesta fase inicial, duas ou mais cadeias de amido podem formar um ponto de junção simples que depois, pode se desenvolver amplamente em mais regiões ordenadas. Por último, sob condições favoráveis, uma ordenação cristalina aparece, forçando a água a sair do sistema. Ciacco e Cruz (1982) complementaram que a expulsão da água da rede do gel é denominada sinérese.

O amido retrogradado é insolúvel em água fria e resiste ao ataque enzimático. Em função de sua estrutura linear, as moléculas de amilose se aproximam mais facilmente e são as principais responsáveis pela ocorrência do fenômeno, enquanto na amilopectina o

fenômeno parece ocorrer somente na periferia de sua molécula (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

A comercialização do pão de queijo assado é dificultada pelo rápido decréscimo na qualidade do produto após o assamento. Pereira (1998) afirmou que o envelhecimento do pão de queijo é ocasionado pelo re-arranjo das moléculas de amido devido à formação de pontes de hidrogênio entre as cadeias adjacentes dos grupos hidroxilas. Essa reação afeta a textura dos alimentos e a vida de prateleira dos produtos constituídos de amido, provocando endurecimento e ressecamento dos mesmos.

3.2.4 Claridade de pasta

Claridade de pasta é um dos importantes atributos do amido para aplicação em alimentos, e pode ser definida como o grau de transparência. Pode variar consideravelmente com a origem botânica do amido e pode ser alterada por modificação química nos grânulos (CRAIG et al., 1989).

Ciaccio e Cruz (1982) relataram que a claridade de pastas de amido está relacionada com a tendência à retrogradação do amido e, portanto, tem influência em outras características tecnológicas da pasta. Amidos com alta tendência a retrogradação produzem pastas mais opacas que aqueles com baixa tendência.

As pastas de amido de milho, trigo ou arroz, que contêm teores relativamente elevados de amilose se tornam opacas e formam géis durante o resfriamento. Pastas obtidas de féculas de batata ou de mandioca, por outro lado, geralmente permanecem mais claras e, embora ao resfriarem apresentem um certo aumento de viscosidade, não chegam a formar géis opacos. As pastas de amido de milho ceroso são semelhantes as de fécula, tendo inclusive menor tendência a retrogradação (WURZBURG, 1986).

3.3 PRODUÇÃO DE POLVILHO DOCE E AZEDO

O polvilho pode ser classificado em doce (fécula de mandioca nativa) ou azedo, tendo por base apenas o teor de acidez. O polvilho azedo é um tipo diferenciado de fécula, apresentando características bem diversas do polvilho doce. As características do polvilho azedo dependem do modo como é produzido. É obtido pela fermentação do polvilho doce, podendo também ser produzido a partir da fécula decantada do líquido de prensagem da massa ralada, subproduto da fabricação da farinha de mandioca (CEREDA, 1987).

O processo de produção do polvilho doce consiste na lavagem e descascamento das raízes, desintegração para liberação dos grânulos de amido, separação das fibras, purificação para a separação do amido, desidratação e secagem (ARIAS, 2000).

O processo de fabricação do polvilho azedo consiste no uso do polvilho doce como matéria-prima. O polvilho doce é submetido a fermentação natural em tanques, sob uma camada de 10 a 20 cm de água. Após um período de 30 a 40 dias, o polvilho azedo é retirado e seco pela ação do sol e do vento (CEREDA, 1973). Arias (2000) complementou que o período de fermentação é variável, existindo citações que vão de uma semana até 60 dias dependendo da acidez desejada, época do ano (inverno ou verão), idade e variedade da mandioca.

O polvilho azedo é um produto fermentado utilizado pela indústria na preparação de diversos alimentos, em especial produtos regionais ou típicos. Sua produção muitas vezes é caseira, em áreas rurais, com equipamentos manuais e rústicos (ALARCÓN; DUFOUR, 1998). A produção deste tipo de fécula de mandioca ocorre em países da América do Sul, como o Brasil e a Colômbia, sendo um produto regional produzido de forma artesanal (DEMIATE et al., 1998; SANTOS; WOSIACKI; DEMIATE, 1997).

A fermentação da fécula de mandioca proporciona um aumento de sua solubilidade e poder de inchamento em água. Entretanto, como o processo não é controlado, ocorre uma

variação muito grande nas características físico-químicas do amido, como teor de acidez e natureza dos ácidos formados afetando as propriedades do polvilho (PEREIRA, 1998).

Maeda (1999) relatou que por ser de fermentação natural, cada produtor estabelece as condições necessárias para dar origem a um polvilho azedo de boa qualidade. Como o polvilho azedo é obtido a partir de fermentação natural e secagem solar e ainda produzido por grande número de pequenas indústrias rurais, torna-se difícil obter um produto homogêneo quanto a qualidade.

A fermentação natural do polvilho azedo se desenvolve na presença de microrganismos que degradam parcialmente o amido granular, por meio de enzimas, produzindo açúcares simples, que constituem o substrato. Ocorre a formação do grupo de microrganismos produtores de ácidos orgânicos como o lático, acético, propiônico, butírico e de bolores e leveduras que produzem substâncias que conferem aroma e sabor característicos ao produto (CEREDA, 1981; NUNES, 1994).

O ácido lático é um dos compostos químicos adicionados à fécula de mandioca pelo processo fermentativo envolvido na produção de polvilho azedo. A adição desse ácido à fécula de mandioca seguida de exposição à radiação ultravioleta foi responsabilizada pela promoção da propriedade de expansão (NUNES, 1994).

Demiate et al. (1999) analisaram a presença de ácidos orgânicos em amostras de polvilho azedo comercial de diferentes regiões do Brasil. Os ácidos quantificados foram lático (0,036 a 0,813 g/ 100g), acético (0 a 0,068 g/ 100g), propiônico (0 a 0,013 g/ 100g) e butírico (0 a 0,057g/ 100g). Foram encontradas amostras com quantidades significativas de ácido lático, mas nestas não foi detectada a presença de ácidos propiônico e butírico, que normalmente estão associados ao ácido lático. Os autores concluíram que existe uma grande variação entre as amostras, com diferenças mesmo dentro das regiões.

Na produção do polvilho (doce ou azedo) devem ser observados os seguintes critérios de qualidade: o produto deve ter baixa umidade, apresentar-se em forma de pó fino e produzir ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos e ser isento de odor estranho ou rançoso (PEREIRA, 1998).

Nakamura e Park (1975) estudaram algumas propriedades físico-químicas da fécula fermentada e concluíram que a fermentação, além de conferir sabor e odor característicos, causa alterações em suas propriedades físico-químicas. O polvilho fermentado é mais solúvel quando intumescido em água e a pasta formada é menos viscosa que a da fécula doce. Cárdenas e Buckle (1980) afirmaram que certas características, como sabor, textura e expansão dos produtos panificados, não são obtidas quando se usa fécula não-fermentada. Demiate et al. (1997a) relataram que as características do polvilho azedo que o diferem do polvilho doce são o pH e a acidez, a solubilidade a frio e a quente, e o volume específico ou grau de expansão quando utilizado na produção de biscoitos. Carvalho et al. (1996) complementaram que o baixo valor de pH encontrado no polvilho azedo é resultado de uma atividade microbiana intensa durante a fermentação pelas bactérias ácido-láticas, próprias deste tipo de processo.

As propriedades funcionais do polvilho azedo são obtidas a partir da fermentação e exposição à luz ultravioleta. Mestres e Rouau (1997) afirmaram que durante a secagem ao sol ocorre uma pequena despolimerização da fécula e sugerem pequena redução do teor de ácido láctico associado ao tratamento fotoquímico. Estes tratamentos estão relacionados com a propriedade de expansão do produto.

Vatanasuchart et al. (2005) pesquisaram as propriedades moleculares da fécula de mandioca modificada com diferentes irradiações com raios ultravioleta para aumento da expansão dos produtos. Concluíram que a irradiação dos raios UVB (310-330nm) e UVC (280-315nm) por 7 e 9h tiveram grande influência na expansão.

O amido fermentado em panificação pode ser adicionado à farinha de trigo em misturas para a obtenção de produtos que não necessitam de farinha forte, como bolos, massa e bolachas. É utilizado também na fabricação de produtos típicos como biscoito de polvilho e pão de queijo (VILELA; FERREIRA, 1987).

Escouto (2004) desenvolveu uma formulação de pão sem glúten, com polvilho azedo. O pão sem glúten atende o mercado dos celíacos para os quais a ingestão de alimentos contendo glúten danifica a superfície da mucosa do intestino delgado. O pão sem glúten teve uma aceitabilidade entre os celíacos de 84,33%.

Mestres e Rouau (1997) relataram que o polvilho azedo obtido pela secagem ao sol é usado na preparação de produtos semelhantes ao pão, devido a suas características como capacidade de inflar e produção de estrutura alveolar do miolo.

A Resolução CNNPA nº12 de 1978 que fixa os padrões de identidade e qualidade de amidos e féculas foi revogada, entrando em vigor a Resolução nº263 de setembro de 2005, que regulamenta os produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos e fixa o padrão de umidade para a fécula de mandioca de 18% (g/ 100g). A Resolução CNNPA nº12 de 1978 era mais detalhada em relação às características de qualidade dos amidos, como de não poderem estar úmidos, fermentados ou rançosos, serem fabricados a partir de matérias-primas sãs, limpas e isentas de matéria terrosa e de parasitos, o polvilho azedo deveria apresentar umidade máxima de 14%, máximo de 5mL NaOH N/ 100g de acidez, mínimo de 80% de amido e o resíduo mineral em quantidade máxima de 0,5%.

Na legislação atual não existe uma classificação para o polvilho azedo. Maeda (1999) e Maeda e Cereda (2001) estabeleceram uma proposta de classificação baseando-se na expansão do polvilho azedo ao forno. Os limites propostos nesta classificação foram como tipo A o polvilho azedo que apresentar índice de expansão ao forno superior a 16,00 mL/g, como tipo B, entre 12,00 mL/g e 16,00 mL/g e como tipo C o polvilho azedo com índice de

expansão inferior a 12,00 mL/g. Os resultados obtidos foram 80% do polvilho azedo nacional como tipo B sendo os outros 20% igualmente divididos entre os tipos A e C.

Bertolini; Mestres e Colonna (2000) estudaram os efeitos da adição de ácido láctico e irradiação ultravioleta (UV) nas propriedades reológicas de amido de milho e na fécula de mandioca. Concluíram que a fécula de mandioca possui grande expansão devido a alta solubilidade, obtida pela degradação das moléculas após acidificação e irradiação UV, e que o amido de milho apresenta alta temperatura de gelatinização e teor de lipídios. Relatam que estas características interferem nas propriedades, como redução da viscosidade e inibição da expansão da massa.

3.4 MERCADO DOS AMIDOS E FÉCULAS MODIFICADAS

As fecularias no Brasil estão desatentas para o crescimento mundial do mercado de amidos modificados, usados em processos industriais de elaboração de alimentos. A fécula é cotada no exterior entre US\$ 200 e US\$ 250 a tonelada enquanto o produto modificado oscila entre US\$ 300 e US\$ 600 (SUFRAMA, 2003). A utilização de outros amidos mais caros, geralmente obtidos de milho ceroso, ocorre devido a desorganização da cadeia produtiva da mandioca, desde o processamento, beneficiamento até a comercialização final do produto.

O mercado de alimentos preparados, os chamados pratos-prontos, semi-prontos e conservas tem crescido continuamente; a fécula de mandioca poderá ter um papel destacado na formulação desses tipos de alimentos convenientes. As perspectivas de expansão desse mercado têm sido determinadas pelas mudanças de hábitos dos consumidores, devido ao crescente processo de urbanização, estabilização da moeda e abertura econômica. Acrescente-se a esses aspectos o incremento da competitividade da fécula de mandioca e amidos modificados em relação ao amido de milho (SILVA et al., no prelo).

Os países produtores de mandioca perdem mercado na exportação quando exportam produtos de baixo valor agregado. A Tailândia, há cerca de 10 anos, alterou esse perfil, aumentando a exportação de fécula nativa e derivados, e reduziu a exportação de raspas de mandioca (raízes fatiadas secas). O Brasil esporadicamente exporta fécula nativa e importa o mesmo produto, quando sua produção interna não é suficiente (FRANCO et al., 2001).

Os volumes brasileiros de exportação dos produtos derivados de mandioca são pequenos; no ano de 2003 foram exportadas, em média, 16 mil toneladas de fécula de mandioca e 24 mil toneladas de fécula modificada (Figura 7). A Tailândia, considerada o maior país exportador de fécula de mandioca, em 2003 exportou 1,307 milhão de toneladas (ABAM, 2005). A qualidade dos produtos do Brasil é semelhante aos da Tailândia; o que difere é que a Tailândia possui uma cadeia sistematizada e com isso conquistou uma grande parcela do mercado internacional.

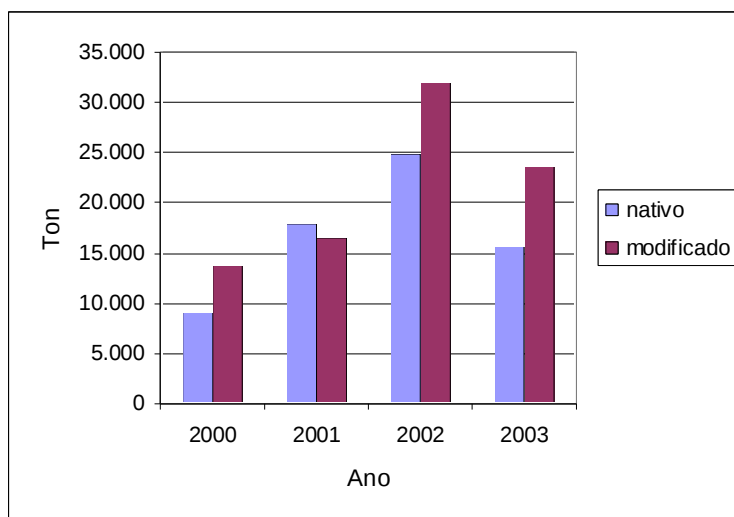


Figura 7 - Evolução das exportações brasileiras de fécula de mandioca nativa e modificada.

FONTE: ABAM, 2005.

As exportações do setor têm apresentado significativo crescimento, sobretudo em função da revolução industrial propiciada pelas diversas modificações químicas da fécula de mandioca, que geraram variados tipos de féculas modificadas. O setor atraiu multinacionais

para o Brasil, que passaram a exportar a fécula brasileira para todos os continentes do mundo. Isto se deve, em grande parte, à substituição da fécula de batata pela de mandioca, por parte das multinacionais americanas *National Starch*, *Cargill* e *Corn Products*, e da holandesa *Avebe*, que também operam no Brasil. Essas empresas são líderes mundiais do segmento de amidos, o que representa, para as empresas locais, uma ameaça, em virtude de seu poder de compra e de mercado, do estágio tecnológico em que se encontram e de possuírem marcas mundiais. No exterior, o produto brasileiro atende indústrias de papel, têxtil, de mineração e de petróleo, entre outras (IPARDES, 2004).

Cereda (1996) afirmou que por processos físicos e químicos pode-se alterar a fécula nativa, originando novas propriedades ou corrigindo características indesejáveis em relação às tecnologias já estabelecidas. O amido de milho e as féculas de batata e mandioca são os mais usados para a produção dos amidos modificados (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004). Segundo Bemiller (1997), as indústrias recorrem à utilização desses amidos devido às suas características, como: modificar as características de cozimento, diminuir a retrogradação, reduzir a tendência das pastas em formarem géis, aumentar a estabilidade das pastas ao resfriamento e congelamento, aumentar a transparência das pastas ou géis, melhorar a textura das pastas ou géis, melhorar a formação de filmes, aumentar a adesividade, adicionar grupamentos hidrofóbicos e introduzir poder emulsificante.

Gomes; Silva e Ricardo (2005) estudaram os efeitos da modificação por anelamento nas propriedades físico-químicas do polvilho azedo e concluíram que esse tratamento modificou a estrutura interna da fécula. O polvilho azedo foi suspenso em água (1:5) e submetido a 50°C por 72, 96, 144 e 240 h. Os autores concluíram que o pico da viscosidade diminuiu, significando uma redução na lixiviação da amilose nos grânulos.

Entre as féculas modificadas para aplicação em produtos panificados, destaca-se a linha *Expandex*[®] da Empresa *Corn Products* Brasil, esses produtos são derivados da fécula de

mandioca podendo ser pré-gelatinizados, desenvolvidos para a fabricação de pão de queijo. Segundo o fabricante, essas féculas modificadas apresentam a mesma funcionalidade do polvilho azedo. A linha Expandex[®] divide-se em dois produtos: o Expandex[®] 160003, cuja funcionalidade é eliminar a etapa de escaldamento, fornecer estrutura e expansão, proporcionar melhor textura, volume e casca do pão de queijo e o Expandex[®] 160103 que auxilia na estrutura e expansão e confere elasticidade e textura dos produtos (CORN PRODUCTS, 2004).

3.4.1 Féculas pré-gelatinizadas

A fécula pré-gelatinizada é empregada na confecção de alimentos industrializados, de cocção rápida e fácil digestão. É denominado de fécula solúvel, por se apresentar parcial ou totalmente solúvel em água fria (CEREDA, 1996).

Alarcón e Dufour (1998) relataram que por meio da modificação da fécula nativa por métodos físicos obtém-se a fécula pré-gelatinizada, a qual tem a propriedade de se dispersar em água sem a necessidade de ser submetido a cocção. Segundo Shim e Mulvaney (2002), amidos pré-gelatinizados comerciais são obtidos pelo cozimento de amido nativos em condições controladas, como *jet-cooking* (pré-tratamento contínuo) e *spray-drying*.

Swinkels (1996) detalhou o processo de formação do gel de amido. Segundo o autor, a organização micelar do grânulo de amido é persistente e o amido aquecido à aproximadamente 95°C por uma hora apresentará agregados altamente inchados e hidratados. A verdadeira solubilização de todo o amido não acontece, até que uma pasta seja aquecida de 100 a 160°C, dependendo da fonte botânica. Enquanto as féculas podem atingir total solubilização a 100°C, o amido de milho somente atinge a 125°C.

Existem hoje no mercado pré-misturas de pão de queijo, as quais possuem na sua formulação féculas pré-gelatinizadas para facilitar o preparo final do produto.

3.4.2 Féculas oxidadas

Os amidos, ao serem oxidados, adquirem propriedades funcionais de interesse industrial tais como a capacidade de geração de pastas fluidas com alto teor de sólidos, elevada transparência e resistência a retrogradação (TORNEPORT et al, 1990; WING, 1994).

O amido é tratado com um agente oxidante, normalmente ácido hipocloroso (HOCl), e suas hidroxilas são oxidadas a carboxilas. A formação de ácido carboxílico ocorre ao acaso. A presença de ácido carboxílico na molécula resulta na presença de cargas negativas, aumenta a repulsão entre as cadeias de amilose, dificultando sua aproximação e reduzindo a retrogradação. Esses amidos formam géis mais macios e mais claros (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

Cereda et al. (2001) afirmaram que o polvilho azedo poderia ser considerado uma fécula modificada por oxidação. Graças a essa modificação, adquire a propriedade de expansão que outros amidos nativos não têm.

Demiate et al. (2000) compararam féculas de mandioca oxidadas quimicamente com propriedades de expansão com amidos acidificados com ácido láctico, secos ou não ao sol, polvilho azedo e fécula de mandioca nativa e concluíram que a expansão está associada à presença de grupos carboxílicos. Dias (2001) pesquisou o efeito de oxidantes na propriedade de expansão de fécula de mandioca fermentada e seca artificialmente e concluiu que a concentração dos oxidantes, o pH, a temperatura, o tempo de reação influenciam as propriedades funcionais desta fécula.

Demiate (1999) propôs uma modificação química de fécula de mandioca com permanganato de potássio associado a ácido láctico ou cítrico. Concluiu que as amostras produzidas obtiveram um elevado grau de expansão, semelhante ao polvilho azedo.

Leonel; Garcia e Reis (2004) estudaram a propriedade de expansão após modificação fotoquímica das féculas de batata-doce, biri, mandioca e taioba. As féculas de mandioca,

batata-doce e taioba apresentaram maior expansão após tratamento fotoquímico, não se observando efeito na fécula de biri, o que pode estar relacionado ao alto teor de amilose e tamanho dos grânulos (59,61 μ m).

Takizawa et al. (2004) caracterizaram amidos tropicais modificados por tratamento oxidativo com permanganato de potássio e ácido láctico. Todas as amostras adquiriram intensa coloração azul quando suspensas em azul de metileno, devido a presença de grupos carboxilas. Detectaram também que todas as amostras apresentaram maior expansão (exceto o amido de milho regular), teor de carboxilas, poder redutor, decréscimo no pico de viscosidade e alta instabilidade ao cozimento.

Dias (2001) demonstrou alguns mecanismos da reação de oxidação de fécula de mandioca com peróxido de hidrogênio. Ocorre, primeiramente, formação do íon hidroperóxido, que em reações posteriores reage com o peróxido de hidrogênio, formando hidroxil radical, hidroxiperóxido radical e ânion hidroxil. O ânion também forma aductos com os radicais carbonilas do substrato. No decorrer da reação as ligações O-O são rompidas, e os aductos são decompostos.

Parovuori et al. (1995) oxidaram fécula de batata com peróxido de hidrogênio (2%) sob diferentes condições de pH, de catalisador e de tempo de reação. Dispersões de 42% de fécula foram adicionadas de soluções contendo 0,1% de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ e $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e agitadas mecanicamente em banho aquecido a 40°C durante 1, 4 e 24 horas. Para as soluções alcalinas o pH foi de 10, e para os tratamentos ácidos foram utilizados os valores de pH atingidos após a adição dos sais. Verificaram que o conteúdo de carboxilas foi maior utilizando o ferro e o cobre como catalisadores. O maior teor de carbonilas e carboxilas foi evidenciado em pH ácido e aumentou com o tempo de reação. O conteúdo de $\text{COOH}/100\text{AGU}$ (Unidades de Glicose Anidra) nos meios alcalino e ácido ao final de 1 hora de reação foi de 0,9. Após 4 horas este valor se manteve para o meio alcalino e aumentou para

1,6 no meio ácido. Já o teor de COH/ 100GU em 1 hora de reação foi de 3 para o meio alcalino e 6,4 para o ácido. Após 4 horas de reação foi de 7,7 para o alcalino e aumentou para 1,6 no meio ácido. O aumento da oxidação proporcionou uma diminuição no peso molecular da fécula e géis mais frágeis após o resfriamento. Afirmam também que a despolimerização influencia grandemente as propriedades de gelificação da fécula de batata. As féculas nativas e altamente oxidadas formaram géis fracos, mas o máximo de gelificação ocorreu em nível intermediário de oxidação.

Zhu et al. (1998) relataram a caracterização estrutural da fécula de batata oxidada com hipoclorito de sódio e com peróxido de hidrogênio. Os autores fracionaram a fécula oxidada em coluna de troca iônica e também utilizaram hidrólise enzimática a fim de caracterizar as frações carregadas. As féculas oxidadas foram submetidas a desramificação enzimática antes da separação na coluna de troca iônica. A proporção de dextrinas ligadas à resina foi maior na fécula que foi oxidada com hipoclorito. Em ambas as féculas oxidadas, apenas 63% das cadeias ligadas foram resistentes à α -amilólise, sugerindo que as cadeias não-resistentes continham substituições nos finais redutores.

Floor et al. (1989) oxidando maltodextrinas e amido com tungstênio e peróxido de hidrogênio verificaram que temperaturas baixas prejudicam a oxidação, mas o pH tem maior importância. Valores de pH entre 2,2 a 4,7 apresentaram bons resultados, ao contrário das condições alcalinas, que favorecem a decomposição do peróxido de hidrogênio e reduzem a oxidação.

Konoo et al. (1996) oxidaram fécula de mandioca com hipoclorito de sódio em pH 10. Verificaram que o mesmo apresentou propriedades emulsificantes, sendo estas dependentes do grau de oxidação da fécula e decorrentes da repulsão eletrostática dos grupos carboxila nas cadeias da fécula oxidada.

Takizawa et al. (2004) oxidaram amostras de fécula de mandioca, batata, amido de milho e milho ceroso com permanganato de potássio, trataram com ácido láctico e observaram que as amostras de fécula de mandioca e amido de milho ceroso apresentaram propriedade de expansão. Embora esse experimento tenha solucionado a questão da expansão, o amido assim modificado não é de grau alimentar. Cereda e Vilpoux (2003) citam a oxidação de amido pelo uso de peróxido de hidrogênio, o qual poderia ser utilizado em alimentos.

Dias (2001) analisou amostras de fécula de mandioca fermentada com hipoclorito de sódio e peróxido de hidrogênio. Pesquisou a propriedade de expansão em biscoitos e concluiu que a oxidação da fécula foi semelhante à promovida pela luz solar.

O Departamento de higiene ambiental e alimentar de Hong Kong (2005) relata a aplicação do peróxido de hidrogênio no processamento de alimentos, como o uso como agente branqueador em farinha de trigo, óleos, ovos brancos em países como Estados Unidos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia, podendo também ser utilizado como agente antimicrobiano em alimentos e como agente esterilizante em embalagens. A *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* (JECFA) avaliou a segurança do peróxido de hidrogênio nos anos de 1965, 1973 e 1980. Os estudos consideraram que a ingestão de pequena quantidade de peróxido de hidrogênio não produziria efeitos tóxicos devido a rápida decomposição química promovida pela enzima catalase das células intestinais. Afirmaram também que a ingestão de soluções com 3% de peróxido de hidrogênio geralmente não resultam em níveis altos de toxicidade, mas podem ocorrer vômitos, leve irritações das mucosas e queimaduras na boca, garganta, esôfago e estômago. Concentrações maiores que 10 % de peróxido de hidrogênio podem ocasionar seqüelas como queimaduras nas membranas e mucosa intestinal. Relatam que o peróxido de hidrogênio é instável ao entrar em contato com alguns tipos de alimentos e também após o cozimento desses.

A Agência de Pesquisas de Câncer (2005) afirma que o peróxido de hidrogênio é instável e se decompõe violentamente quando em contato com superfícies resistentes e traços de matéria orgânica. Luz, agitação, calor, substâncias químicas como carbonatos, proteínas, cloro, carvão e ferro aceleram a decomposição do peróxido de hidrogênio. A mesma Agência a partir de alguns estudos considerou que o peróxido de hidrogênio não ocasiona efeitos carcinogênicos em humanos, pelo contrário cita a aplicação do peróxido de hidrogênio no tratamento de câncer.

3.5 OKARA

A soja é o destaque da safra brasileira de grãos. Sua comercialização é internacionalizada e representa um ativo em dólar para toda a cadeia produtiva, tendo seu valor, certa estabilidade (BAUMER, 2003). A safra brasileira de soja cresceu mais de 97% nos últimos 10 anos, passando de cerca de 25 milhões de toneladas em 1994, para aproximadamente 49 milhões de toneladas em 2004 (FAOSTAT, 2004), sendo que os estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul são responsáveis por 65% da produção brasileira (SOUZA; VALLE; MORENO, 2000).

A soja é uma semente oleaginosa, com aproximadamente 40% de proteínas, aminoácidos essenciais, cálcio, fósforo, ferro, vitaminas A e B (HALL, 1971).

A *Food and Drug Administration* (FDA) relata que a ingestão de 25g de proteína de soja por dia, aliada a uma dieta com pouca gordura saturada e colesterol, pode reduzir o risco de doenças cardíacas. Alimentos com soja contêm proteínas que reduzem o nível de colesterol ruim (LDL) e aumentam o nível de colesterol bom (HDL) (ANDERSON; JOHNSTONE; COOK-NEWELL, 1995).

A saúde é consequência de uma nutrição adequada do indivíduo, que é favorecida por dietas equilibradas. Entretanto, hábitos alimentares inadequados como o consumo

excessivo de açúcares e gorduras e insuficiente de verduras, legumes, frutas e proteínas são comuns. Uma alternativa viável para solucionar o problema é estimular o consumo de produtos de soja, que são fontes protéicas nutritivas, econômicas e disponíveis no mercado (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1998).

Apesar de ser consumida em grão, a soja é mais utilizada na produção de derivados caseiros ou industrializados (PHILIPPI, 2003). Bowles (2005) afirmou que a soja dá origem a diversos produtos e subprodutos como o tofu (“queijo de soja”), farinhas e farelos de soja, extrato aquoso de soja (“leite de soja”) e o subproduto do extrato aquoso da soja, denominado *okara*.

Okara, ou resíduo de soja, é um subproduto do processamento do extrato aquoso de soja e do tofu. O *okara* contém aproximadamente 27% de proteínas (base seca) com boa qualidade nutricional (WANG; CAVINS, 1989), sendo considerado uma fonte vegetal de baixo custo e de grande potencial para consumo humano.

Genta et al. (2002) relataram a obtenção do *okara* a partir do processamento do extrato aquoso da soja. As sementes inteiras são selecionadas, classificadas e moídas. O extrato aquoso da soja é separado e o produto resultante é o *okara* úmido que será seco e embalado. Yamaguchi; Ota; Hatanaka (1996) complementaram que o *okara* também pode ser produzido a partir da extração de óleo e proteínas dos grãos de soja.

Ma et al. (1997) estudaram o isolamento e caracterização da proteína do *okara* obtendo um alto rendimento de extração em pH alcalino. Encontraram propriedades funcionais e nutricionais semelhantes a proteína de soja isolada comercial. Entretanto, durante o processamento de leite de soja, observaram que o tratamento térmico causa desnaturação protéica resultando em proteínas isoladas de *okara* com baixa solubilidade, limitando sua incorporação no sistema do alimento.

Jackson et al. (2001) concluíram em sua pesquisa que aproximadamente um terço do conteúdo de isoflavonas da soja é transferida ao *okara*. Devido ao fato da concentração protéica deste ser semelhante a dos grãos de soja, conseqüentemente o *okara* possui um grande potencial para ser utilizado como fonte de nutrientes e isoflavonas.

Shen et al. (1998) empregaram o polvilho azedo em mistura com farelo de soja, na proporção de 80:20 e obtiveram produto panificado mais barato e nutritivo quando comparado ao pão de trigo tradicional.

A suplementação de produtos alimentícios com *okara* foi relatada por Waliszewski; Padio; Carreon (2002). Nesta pesquisa, os autores realizaram uma avaliação química e sensorial de *okara* incorporado em porcentagens de 5, 10, 15, 20 e 25% em *Tortillas*. Por meio deste estudo, os autores demonstraram que concentrações de até 10% de *okara* podem ser adicionadas as *Tortillas*, alcançando níveis satisfatórios de aceitação.

Bowles (2005) substituiu farinha de trigo em pães do tipo francês por *okara*, utilizando concentrações de 5, 10 e 15% do subproduto seco. Os pães suplementados obtiveram um aumento expressivo do teor protéico e do teor de fibras; as amostras com 5% do *okara* passaram à categoria de produtos alimentícios considerados “fonte de fibras” e as amostras contendo 10 e 15% de subproduto como “alto teor de fibras”. Concluiu que os pães contendo 10% de *okara* obtiveram um bom volume e boa aparência, com aceitação sensorial de 78%.

3.6 PRODUTOS PANIFICADOS À BASE DE FÉCULA

3.6.1 Pão de queijo

O pão de queijo, alimento de sabor e de textura muito especial, é um produto que vem ganhando cada vez mais a preferência dos consumidores, pois é consumido durante as

refeições, acompanhado de café, chá, suco, entre outras bebidas. Este alimento é uma mistura saborosa e nutritiva de pão e queijo, que incorpora num só produto as características especiais de ambos (VALLE, 2000).

Pão de queijo é um produto tradicionalmente mineiro, obtido a partir da mistura de polvilho com água ou leite, queijo, sal e gordura, podendo variar o tipo de polvilho (doce, azedo ou a mistura destes). Minim et al. (2000) relataram que o pão de queijo não apresenta um padrão de qualidade estabelecido, não existindo uma tecnologia de produção, caracterização ou tipificação do produto. Pereira (1998) complementou que pelo fato do pão de queijo não ter um padrão de qualidade estabelecido, existem no mercado produtos com características bem diversificadas.

Além de ser uma fonte reconhecida de carboidratos, o pão de queijo também é um produto de panificação isento de glúten, o que o coloca como alimento alternativo para pacientes celíacos, alérgicos às proteínas do trigo (PEREIRA et al., 2004).

Os ingredientes básicos utilizados em pão de queijo são polvilho doce ou azedo, queijo, gordura, água, sal e ovos. Com o aumento da concorrência novas formulações surgiram como pão de queijo com batatas, pão de queijo recheado e neste campo a variação aumenta com a criatividade das pessoas para combinar sabores que conquistem os mais exigentes consumidores (GONÇALVES, 2000).

Existem duas formas de comercialização de pães de queijo atualmente: as pré-misturas, que são produtos nos quais se adiciona queijo, ovos, água entre outros ingredientes, dependendo da massa; e os pães de queijo congelados, que são produzidos e congelados, mas que necessitam de aquecimento antes de serem consumidos (KECHICHIAN, 2000).

Na Figura 8 são apresentadas as etapas básicas da fabricação do pão de queijo.

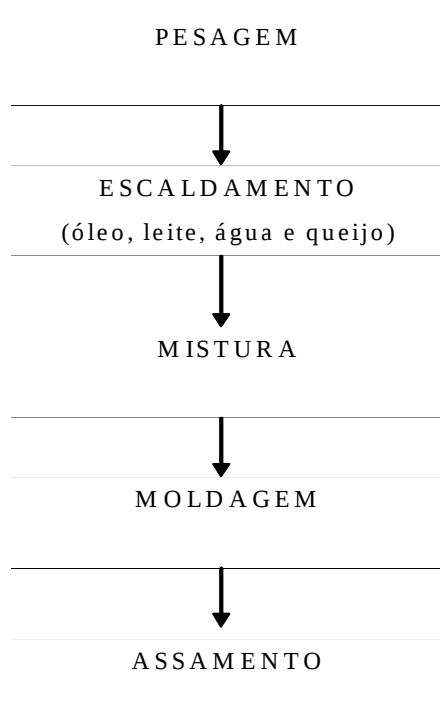


Figura 8 - Fluxograma da fabricação do pão de queijo.
FONTE: Adaptado de PEREIRA, 1998.

Todos os ingredientes utilizados na fabricação de pão de queijo devem estar à temperatura ambiente e o polvilho deve ser peneirado para evitar sujidades e facilitar a absorção de água (PEREIRA, 2001).

O escaldamento é uma das principais etapas na fabricação do pão de queijo por afetar a textura, o sabor e a aparência final do produto. Consiste em adicionar ao polvilho, água ou leite quente que podem ser ou não acompanhados por óleo e também por sal. A mistura do escaldamento depende do produto, sendo comum adicionar um pouco de água antes do escaldamento a fim de hidratar o polvilho e promover o inchamento dos grânulos facilitando o processo. Uma parcela de produtores indica a mistura com água, leite, óleo e sal como a que resulta em pães de queijo com melhor textura, sabor e aparência. O objetivo do escaldamento é tornar a massa mais fácil de ser manuseada resultando em pães de queijo mais macios, que assam num período menor, tornando-os de mais fácil digestão (PEREIRA, 1998; PIZZINATTO, 2000).

Na etapa da homogeneização os ingredientes são misturados com o objetivo de ficarem uniformemente dispersos na massa. Na ação mecânica da mistura procura-se incorporar à massa bolhas de ar as quais irão se expandir durante o assamento dando leveza e volume ao produto, formando a textura final dos produtos (PIZZINATTO, 2000).

Pereira (1998) afirmou que o assamento da massa define a qualidade do pão de queijo, pois ocorre aumento do volume devido à expansão de vapor e ar. As principais modificações que ocorrem nesta fase são a evolução e expansão dos gases, coagulação das proteínas dos ovos, leite e queijo, gelatinização do amido, desidratação parcial do produto pela evaporação da água, desenvolvimento de sabores; mudanças de cor devido à reação de Maillard entre as proteínas do leite, queijo e ovos com açúcares redutores, bem como a outras reações químicas, formação da crosta pela desidratação da superfície, escurecimento da crosta devido à reação de Maillard e caramelização dos açúcares, alterações drásticas nas propriedades do amido pela formação de novas substâncias como açúcares caramelizados, pirodextrinas, e vários compostos que conferem ao produto assado propriedades sensoriais agradáveis.

Oscilações na temperatura do forno durante o assamento do pão de queijo influenciam na qualidade do produto. O assamento deve ser feito em condições padronizadas de temperaturas entre 180 e 200°C (JESUS; PEREIRA; LABOISSIÈRE, 2002).

O crescimento da massa de pão de queijo é resultante de várias reações. Há o efeito físico da expansão dos gases, fazendo com que a massa aumente de volume. À medida que a temperatura sobe a 55°C, os grânulos de amido começam a inchar, e isto pode ser verificado pela retirada de água de outros ingredientes, aumentando a proporção de amido gelatinizado. Próximo a 77°C, os grânulos de amido aumentam de tamanho e são fixados na estrutura protéica (PEREIRA, 1998; PIZZINATTO, 2000).

Ingredientes

a) Leite

Leite é uma dispersão coloidal de proteínas em emulsão com gorduras, em uma solução de minerais, vitaminas, peptídeos e outros componentes (PHILIPPI, 2003). O leite utilizado na mistura de escaldamento do pão de queijo proporciona melhor sabor ao produto, maior maciez ao miolo e melhor coloração à crosta, além de aumentar o valor nutricional do alimento (PEREIRA, 1998). Este ingrediente ajuda o queijo na estruturação e texturização da massa (ZELAYA, 2000).

O leite a ser utilizado na fabricação do pão de queijo deve ser isento de sabores e odores estranhos, não devendo apresentar sedimentos ou material em suspensão e, de preferência ser pasteurizado. Quando usado para umedecer o polvilho, antes do escaldamento, deve ser previamente pasteurizado ou fervido (PEREIRA, 1998).

b) Água

A água é utilizada na fabricação do pão de queijo para dissolver os ingredientes solúveis, influenciando também no escaldamento do polvilho e no crescimento do produto durante o assamento. Em pães de queijo a quantidade total de líquido na formulação afeta a consistência e a elasticidade da massa que deve ser suficientemente macia para ser moldada e suficientemente rígida para manutenção da forma até que esteja congelada, devendo apresentar um certo grau de elasticidade para se expandir sem romper durante o assamento (PEREIRA, 1998).

c) Óleos e gorduras

Óleos e gorduras são substâncias que estão presentes nos alimentos e que apresentam propriedades físicas e químicas características. A diferença é que as gorduras têm o ponto de fusão limite inferior a temperatura de 20°C, enquanto os óleos tem ponto de fusão abaixo dessa temperatura (GONÇALVES, 2000).

Estes ingredientes tornam o miolo e a casca do pão de queijo mais lustrosos, o que proporciona melhor aparência do alimento, melhora a conservação, permanecendo mais macio por tempo mais prolongado (PEREIRA, 1998). Gonçalves (2000) complementou que a gordura favorece a estrutura do produto, fornecendo uma consistência plástica e uma casca mais fina.

Os lipídios têm sido usados na indústria alimentícia para melhorar a textura de géis, evitar a formação de grumos na reidratação de farinhas pré-gelatinizadas e inibir a retrogradação, impedindo o endurecimento excessivo durante o armazenamento de géis (CIACCO; CRUZ, 1982).

Além do efeito melhorador na massa, também são importantes no valor nutricional pelo fornecimento de energia. Agem como lubrificantes moleculares, ajudando a massa a ter maior extensibilidade (EL-DASH, 1986).

A gordura ideal para fabricação do pão de queijo deve apresentar aspecto, sabor, odor e cor característicos, sendo isenta de ranço e de outras características indesejáveis como turvação e substâncias em suspensão (GONÇALVES, 2000; PEREIRA, 1998).

Na fabricação do pão de queijo é utilizado óleo de soja comum, podendo também serem usados margarina, gordura hidrogenada e manteiga (PEREIRA, 2001). A margarina tem sido empregada em muitas formulações, conferindo sabor mais “amanteigado” ao produto e reduzindo o teor de queijo. Deve ser empregada em maior proporção que a do óleo ou gordura para compensar a presença de água em sua composição (PEREIRA, 1998).

d) Ovo

O ovo tem como propriedades funcionais a coagulação, a capacidade espumante, a capacidade emulsificante e a contribuição nutricional, servindo também como agente corante e de *flavor* originando pães de queijo com melhor estrutura, textura mais leve e aerada, maior volume, característica de liga, cor amarela natural, além do fornecimento de proteínas, vitaminas (A, D, E) e de minerais (LEME, 2000; ZELAYA, 2000). Pereira (1998) complementou que dependendo da utilização da clara ou da gema, o ovo apresenta diversas funções. Pode atuar como emulsificante, pela ação da lecitina da gema; como amaciante, pela ação dos lipídios da gema; como aerador, pela formação de espuma da clara e como agente ligante, pela utilização de ambas.

Na fabricação de pão de queijo são usados ovos comuns, de granja. A qualidade do pão de queijo é influenciada pela quantidade de ovo na formulação, mas não sofre influência se o produto de ovos é resfriado, congelado ou desidratado (LEME, 2000).

Os ovos utilizados na indústria de pão de queijo devem apresentar-se sem alterações na gema e na clara, mumificação (ovo seco), podridão, presença de fungos, rompimento na casca e na membrana externa e devem ser isentos de substâncias tóxicas e ter coloração, odor e sabor normais, sem a presença de sabor azedo ou de ranço (PEREIRA, 1998).

e) Queijo

Queijo pode ser definido como um produto alimentar obtido do leite coalhado, separado do soro e amadurecido durante tempo variável (OLMEDO, 2000). O queijo é um dos ingredientes que entra em grande proporção na elaboração do pão de queijo. É um alimento universal produzido a partir do leite de vários mamíferos, principalmente o leite de vaca, sendo uma forma de conservação dos componentes insolúveis do leite, como a caseína e os lipídios (VALLE, 2000).

Na fabricação de pão de queijo podem ser utilizados diversos tipos de queijos, sendo o mussarela, parmesão, minas curado e minas padrão os mais comuns (JESUS, 1997). Valle (2000) complementou que o queijo tipo minas curado é um dos mais utilizados na fabricação de pão de queijo, devido a sua textura e consistência semidura.

O queijo complementa a estruturação do miolo do pão de queijo e auxilia na obtenção de melhor textura do produto final, pois contribui dando elasticidade e melhor aspecto da casca (ZELAYA, 2000).

A proporção e o tipo de queijo empregado influenciam o sabor, a aparência e a textura do miolo do pão de queijo. Pereira (1998) explica que o teor ótimo de queijo para a boa textura do miolo é de até 35% de queijo em relação ao polvilho, também afirma que teores abaixo de 5% fazem com que o pão de queijo fique com características similares às do biscoito de polvilho.

Olmedo (2000) retratou que há dificuldade de se encontrar no mercado queijos similares devido às variáveis que afetam sua elaboração: qualidade do leite, pastagens, clima, higiene, boas práticas de fabricação, tempo de maturação, que provocam variações entre um e outro lote dificultam seu emprego na produção de pão de queijo.

f) Sal

O sal confere sabor ao pão de queijo, sendo usado na proporção de 1 a 2,5% em relação ao peso total do polvilho (JESUS, 1997; PEREIRA, 1998).

Por aumentar a temperatura da mistura, influencia o processo de escaldamento, além de interagir com os grânulos inchados de amido. Fortifica e estabiliza o amido gelatinizado, proporcionando melhor granulação do miolo (PEREIRA, 1998).

3.6.2 Biscoito de polvilho

Existe uma infinidade de formulações de biscoito de polvilho no mercado, algumas incluindo, além de polvilho azedo, polvilho doce, farinha de milho, água, leite, ovos e sal. Estes biscoitos têm várias denominações regionais como bolo de vento, rosca de polvilho, corujão, biriba, no Brasil, *pan de bono* e *pan de yuca*, na Colômbia e *chipa paraguaya*, no Paraguai.

Cereda (1983) afirmou que o polvilho azedo é utilizado nos estabelecimentos comerciais na produção de biscoitos salgados. Estes biscoitos apresentam formatos diversos, grande volume e pouco peso. Mestres et al. (1996) complementaram que esses produtos possuem um grande poder de expansão, como um pão de farinha de trigo. Ocorre a formação de gás, seguida de retenção do mesmo, devido a propriedade viscoelástica da massa.

Vieira e Pereira (2002) afirmaram que após um tempo de armazenamento os biscoitos de polvilho são rejeitados pelos consumidores por apresentarem sabor de ranço. Este sabor pode estar relacionado à formação de ranço produzido pelas reações de oxidação dos lipídios da formulação.

Na Figura 9 são apresentadas as etapas básicas da fabricação do biscoito de polvilho.

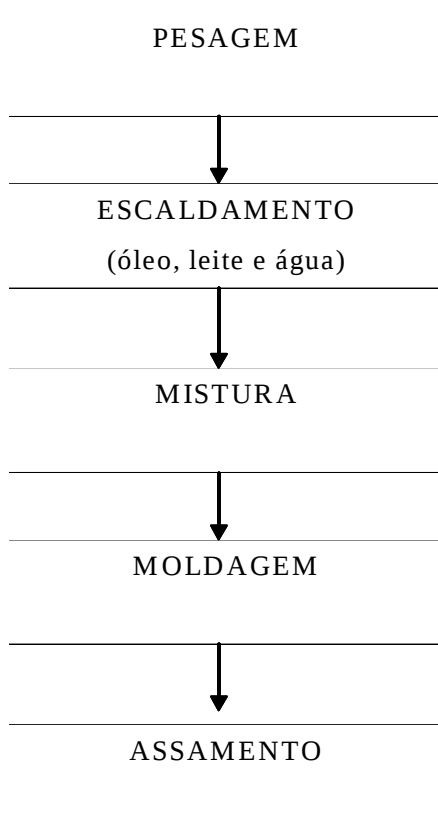


Figura 9 - Fluxograma da fabricação do biscoito de polvilho.
FONTE: Adaptado de CEREDA, 1983.

Na fabricação de biscoitos de polvilho escaldados, o polvilho azedo proporciona ao produto sabor agradável, com crosta fina, crocante, com maior volume, além de maior absorção em água, fazendo com que se obtenha maior rendimento em biscoitos (PEREIRA, 1998).

O biscoito apresenta, no seu interior, uma matriz de amido gelatinizado, que é responsável pela sua expansão e textura. Análises microscópicas têm permitido comprovar que os grânulos apresentam-se com diferentes graus de integridade, segundo a sua posição no biscoito. Os grânulos da superfície apresentam-se íntegros e sem inchamento. Durante o forneamento, os grânulos da superfície são desidratados e os do interior gelatinizados, provocando a expansão do biscoito (CAMARGO et al., 1988).

A propriedade de expansão é uma das características mais relevantes do produto e, também a mais interessante para os fabricantes de biscoito, considerando-se que o biscoito pode ser comercializado por tamanho e não por peso ou por unidade (RIVIERA, 1997).

Alterações físico-químicas e reológicas no polvilho geram mudanças desejáveis no processo de panificação de biscoitos. Ascheri e Vilela (1995) relataram alterações nas características do polvilho em função do tempo de fermentação. A expansão do biscoito aumentou até o 30º dia de fermentação do polvilho, seguida de decréscimo, e a densidade diminuiu até o 30º dia, seguida de um acréscimo deste valor.

Yang et al. (2004) afirmaram que a reologia determina como a estrutura do alimento responde ao se aplicar uma determinada força e deformação. A textura dos produtos panificados depende da interação de amido e proteína com água. As características reológicas de alimentos e seus constituintes são muito importantes na relação da estrutura, estabilidade e processamento do alimento.

Silva; Façanha e Silva (1998) analisaram o efeito do teor de água, amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de fécula de mandioca por fermentação natural e concluíram que o volume específico do biscoito aumentou proporcionalmente ao aumento de água na formulação dentro das condições estabelecidas. A substituição parcial da fécula fermentada por fécula totalmente gelatinizada diminuiu o volume do biscoito, quando comparado com o biscoito elaborado a partir da fécula fermentado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Obtenção das matérias-primas

- a) Fécula: foram adquiridas amostras de polvilho doce e azedo de diferentes marcas no comércio local; amostras de polvilho doce e azedo para elaboração dos produtos panificados foram cedidas pela Indústria Pinduca e as amostras de fécula comercial modificada Expandex[®] (160003 e 160103) foram cedidas pela empresa *Corn Products* Brasil (Balsa Nova, PR).
- b) Pré-misturas de pães de queijo: as pré-misturas foram adquiridas no comércio local.
- c) Leite: todo o leite utilizado foi do tipo integral UHT em embalagem de longa vida, cedido pela empresa Frimesa (Medianeira, PR).
- d) Óleo: foi utilizado óleo de soja comercial de uma mesma marca durante todo o experimento.
- e) Sal: adquirido no comércio local e de uma mesma marca durante todo o experimento.
- f) Água: água potável.
- g) Ovo: foram usados ovos brancos frescos adquiridos no comércio, provenientes sempre de uma mesma granja.
- h) Queijo: foi utilizado queijo mussarela, cedido pela empresa Frimesa. Os queijos foram cortados em pedaços de 250 g, colocados em sacos plásticos e armazenados em freezer (-18°C). A cada necessidade de utilizar queijo, o mesmo era descongelado em refrigeração a 5°C, não sendo recongelado.
- i) Subproduto *Okara*: a soja utilizada para extração do subproduto da obtenção do extrato solúvel de soja foi doada por um produtor rural e processada na Universidade Estadual de Ponta Grossa.

j) Fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio: foi produzida de acordo com Takizawa et al. (2004), no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

l) Enzimas: alfa-amilase termoestável (Termamyl 120L, Novozymes, Araucária PR), protease (Alcalase, Novozymes, Araucária PR) e amiloglucosidase (AMG 200L, Novozymes, Araucária PR).

Os equipamentos de panificação utilizados foram forno elétrico da marca Suggar com controlador de temperatura acoplado e batedeira elétrica *Kitchen Aid*, tipo “planetária” modelo K4555, de aço inoxidável, com cinco velocidades, disponíveis no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Também foi utilizado o forno a vapor Digo Mec – Perfect com estufa acoplada, disponível no Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná de Ponta Grossa para obtenção das amostras que foram submetidas à análise sensorial.

4.2 MÉTODOS

Inicialmente foi realizado um levantamento a cerca da utilização de amidos modificados em produtos panificados na região dos Campos Gerais, a partir de pesquisa em supermercados e visita a empresa produtora de amidos modificados.

4.2.1 Composição das pré-misturas, féculas, *okara* e dos produtos panificados

4.2.1.1 Teor de umidade

A fração aquosa foi determinada através da diferença do peso da amostra, antes e após a secagem de uma quantidade padronizada desta amostra em estufa com circulação de ar a 105°C, até que se atingisse o peso constante (INSTITUTO..., 1985).

4.2.1.2 Teor de cinzas

Para determinação das cinzas foi feito uso dos métodos de incineração dupla, no qual uma quantidade da amostra é submetida a um processo de carbonização prévia seguido de incineração completa em mufla a 550°C por 6 horas (INSTITUTO..., 1985).

4.2.1.3 Teor de lipídios

Para determinação da fração lipídica das amostras foi utilizado o método de Soxhlet que tem como princípio básico a extração da fração lipídica da amostra analisada com hexano e posterior remoção do solvente por destilação. A fração lipídica é determinada por gravimetria (INSTITUTO..., 1985).

4.2.1.4 Teor de proteínas

Para determinação do conteúdo protéico das amostras foi utilizado o método de Kjeldahl que se fundamenta na determinação do nitrogênio orgânico total. Este método tem por base a digestão da amostra onde o nitrogênio é transformado em um sal de amônia. A seguir ocorre a etapa de destilação e recepção do íon liberado, e posteriormente a solução obtida é titulada em presença de indicador adequado. Para este método foram utilizados $\text{CuSO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$ como catalisadores. O conteúdo de nitrogênio obtido é convertido em proteína por meio de um fator de conversão médio, baseado em 16% de nitrogênio nas proteínas alimentares, que é de 6,25 (INSTITUTO..., 1985).

4.2.1.5 Determinação das fibras alimentares

O total de fibra alimentar foi determinado utilizando-se uma combinação de métodos enzimático e gravimétrico. A metodologia utilizada foi adaptada da AOAC (1997). Amostras secas, livres de gordura, são gelatinizadas em presença de alfa-amilase termoestável, digeridas

enzimaticamente com protease e amiloglicosidase para a remoção da proteína e do amido presentes na amostra. Adiciona-se etanol para precipitar a fibra dietética solúvel. O resíduo é então filtrado e lavado com etanol e acetona. Após a secagem, o resíduo é pesado. Metade das amostras são utilizadas para análise de proteínas e a outra para análise de cinzas. O total de fibras dietéticas é o peso do resíduo menos o peso das proteínas e das cinzas.

4.2.2 Determinação do pH das pré-misturas e féculas

Para determinação do pH, 20 g de fécula foram dispersas em 100 mL de água deionizada e a suspensão foi agitada por 30 minutos (SMITH, 1967). Após a suspensão foram centrifugadas por 2 minutos. O líquido sobrenadante foi decantado, sendo pesadas 30 g em um béquer, e em seguida determinando o pH em potenciômetro (Hanna Instruments, mod. HI 8424, Woonsocket RI, USA).

4.2.3 Determinação da acidez titulável das pré-misturas e féculas

A análise foi realizada no mesmo material usado para determinação do pH, conforme descrito por Plata Oviedo (1998). Após a determinação do pH foram adicionadas duas a quatro gotas de fenolfetaleína. A mistura foi novamente agitada enquanto NaOH 0,1N era adicionado, até que o pH atingisse 8,3. O resultado foi expresso em g de ácido láctico por 100 g de amostra.

4.2.4 Determinação das propriedades viscoamilográficas das féculas

As propriedades viscoamilográficas foram determinadas conforme método 22-10 da AACC (1983) em Viscoamilógrafo Brabender (Duisburg), nº176513, tipo 801301, com velocidade de rotação de 75 rpm e cartucho com sensibilidade de 700 cmgf. Depois de determinada a umidade dos polvilhos, as amostras foram pesadas com base em 14% de

umidade e misturadas em 450mL de água destilada, de forma a se ter suspensões com concentração de 6% p/v. A temperatura inicial foi de 50°C. A pasta da fécula foi aquecida a uma taxa de 1,5°C por minuto, desde 50°C até 95°C, permanecendo nessa temperatura por 30 minutos, sendo em seguida resfriada a 50°C. A partir dos viscoamilogramas obtidos foram determinados os seguintes parâmetros:

- temperatura inicial de pasta: temperatura (°C) na qual a viscosidade de pasta aumentou de 0 a 20 Unidades Brabender (UB);
- viscosidade inicial a 95°C: valor da viscosidade da pasta, em UB, quando se atingiu a temperatura de 95°C;
- viscosidade final a 95°C: valor da viscosidade de pasta, em UB, após 30 minutos à temperatura de 95°C.
- viscosidade máxima: valor máximo da viscosidade de pasta, em UB, durante a etapa de aquecimento.
- temperatura de viscosidade máxima: temperatura (°C) onde ocorreu a viscosidade máxima;
- viscosidade final: valor da viscosidade, em UB, no final do ciclo de resfriamento, quando a temperatura atingiu 50°C.

4.2.5 Claridade das pastas de féculas

A claridade de pasta foi determinada como descrito por Craig et al. (1989), utilizando suspensões de fécula (1% p/v) em 10mL de água deionizada. A suspensão foi gelatinizada e mantida durante 30 minutos, em banho com água fervente, com agitação de 30 segundos a cada 5 minutos. A solução foi agitada e resfriada à temperatura ambiente e a transmitância (%T) foi determinada a 650nm utilizando espectrofotômetro FEMTO modelo 432 mono feixe.

4.2.6 Resistência a ciclos de congelamento e descongelamento das féculas

As amostras foram suspensas na proporção de 8% (p/p) em água deionizada, gelatinizadas e mantidas em água fervente e agitação por 10 minutos. O gel foi dividido em três porções de 50 g e congelado (-18°C) em embalagens plásticas herméticas. As amostras foram submetidas a três ciclos de congelamento, cada um de 72 horas. Todas as amostras, do primeiro, segundo e terceiro ciclo, foram congeladas a -18°C e descongeladas em 45°C por três horas (CEREDA; WOSIACKI, 1985). A quantidade de água liberada foi calculada a partir da relação do peso inicial do gel pela quantidade de perda de peso da pasta final.

4.2.7 Poder redutor das féculas

O poder redutor foi determinado utilizando-se a redução de cianeto férrico para cianeto ferroso pela fécula tendo como precipitado um composto com zinco. Os íons férricos em excesso reduzem I₂ e este iodo é então titulado com tiosulfato (INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE, 2001).

4.2.8 Propriedade de expansão das pré-misturas, féculas e dos produtos panificados

Na obtenção das massas para avaliação da propriedade de expansão, 12 g de fécula foram parcialmente gomificadas com 10mL de água deionizada em ebulição. Após a homogeneização manual da fécula, a massa foi dividida em três esferas com pesos iguais, sendo levadas a um forno elétrico pré-aquecido a 200°C e assadas por 25 minutos. Ao final desse período, após resfriarem, as esferas expandidas foram pesadas. Essas esferas foram impermeabilizadas com parafina fundida e seus volumes medidos pelo deslocamento de água em proveta graduada. O resultado da expansão foi expresso em volume específico, em mL/g (DEMIATE; CEREDA, 2000).

4.2.9 Determinação de sujidades das féculas

Para a análise de sujidades, foram pesadas 25g da amostra e dissolvidas com pouco de água. Adicionou-se 3% de HCl concentrado, deixando a amostra por 5 minutos em ebulição. A amostra foi resfriada, neutralizada com NaOH 50% e filtrada com auxílio de bomba de vácuo em papel de filtro quadriculado. Esta metodologia foi adaptada de Demiate et al. (1997a).

4.2.10 Modificação da fécula por tratamento oxidativo com peróxido de hidrogênio

A fécula foi submetida a tratamento por oxidação com peróxido de hidrogênio por 15 minutos a temperatura ambiente. Foi adicionado sulfato de ferro e água oxigenada (1,25%) de acordo com a amostra a ser obtida. A amostra foi lavada com água deionizada para remover o excesso de reagentes e filtrada em papel qualitativo Whatman nº2, com auxílio de bomba de vácuo (-490mmHg). A amostra foi seca em estufa de circulação forçada a 45°C por 24 horas, moída com auxílio de almofariz e pistilo e passada em peneira de 80 Mesh. Esta metodologia foi adaptada de Takizawa et al. (2004).

4.2.11 Elaboração dos produtos panificados

A primeira etapa foi realizar o levantamento das matérias-primas e produtos panificados disponíveis no mercado local, revelando o crescente interesse pela indústria nesses ingredientes. Previamente, para verificação da qualidade, foram realizados ensaios com pré-misturas comerciais de pães de queijo, biscoito de polvilho e *chipa paraguaya*. Foram desenvolvidas várias formulações de pães de queijo e biscoitos de polvilho até se obter a melhor formulação.

Neste trabalho foram considerados três produtos panificados: pão de queijo, biscoito de polvilho e pão de queijo suplementado com *okara*. O polvilho doce e azedo utilizado nas formulações foi da marca Pinduca.

Pão de queijo: foram desenvolvidas quatro formulações de pão de queijo, diferenciando apenas o tipo de fécula de mandioca utilizada: polvilho doce (PD), polvilho azedo (PA), fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio (PE) e fécula de mandioca comercial Expandex® 160003 (EX).

A relação dos ingredientes utilizados nas diferentes formulações é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 - Quantidade dos ingredientes utilizados nas formulações de pão de queijo e suas porcentagens em relação à quantidade de polvilho e a todos os ingredientes.

Formulação	% em relação ao polvilho	% em relação a todos os ingredientes
160g polvilho	100	37,44
50g leite	31,25	11,7
50g água	31,25	11,7
30g óleo	18,75	7,02
2,4g sal	1,5	0,56
1 ovo (55g)	34,38	12,86
80g queijo	50	18,72

Biscoito de polvilho: foram desenvolvidas quatro formulações de biscoito de polvilho, diferenciando apenas o tipo de fécula de mandioca utilizada: polvilho doce (PD), polvilho azedo (PA), fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio (PE) e fécula de mandioca comercial Expandex® 160003 (EX).

A relação dos ingredientes utilizados nas diferentes formulações é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Quantidade dos ingredientes utilizados nas formulações de biscoito de polvilho e suas porcentagens em relação à quantidade de polvilho e a todos os ingredientes.

Formulação	% em relação ao polvilho	% em relação a todos os ingredientes
250g polvilho	100	41,39
68g leite	27,2	11,26
24g óleo	9,6	3,97
7g sal	2,8	1,16
200g água	80	33,11
1 ovo (55g)	22	9,11

Pão de queijo suplementado com subproduto *okara*: foram utilizadas concentrações de 5, 10 e 15% do subproduto *okara*, com umidade de 2%, em adição ao polvilho na formulação base do pão de queijo. Na elaboração desses produtos foi utilizado polvilho azedo. Tais concentrações foram estabelecidas de acordo com testes prévios e dados de literatura onde o subproduto fora utilizado (BOWLES, 2005; WALISZEWSKI; PARDIO; CARREON, 2002).

A relação dos ingredientes utilizados na formulação com 5, 10 e 15% do subproduto *okara* são apresentadas nas Tabelas 6, 7 e 8, respectivamente.

Tabela 6 - Quantidade dos ingredientes utilizados nas formulações de pão de queijo com 5% do subproduto *okara* e suas porcentagens em relação à quantidade de polvilho e a todos os ingredientes.

Formulação	% em relação ao polvilho	% em relação a todos os ingredientes
160g polvilho azedo	100	36,75
50g leite	31,25	11,48
50g água	31,25	11,48
30g óleo	18,75	6,89
2,4g sal	1,5	0,55
1 ovo (55g)	34,38	12,63
80g queijo	50	18,37
8g <i>okara</i>	5	1,85

Tabela 7 - Quantidade dos ingredientes utilizados nas formulações de pão de queijo com 10% do subproduto *okara* e suas porcentagens em relação à quantidade de polvilho e a todos os ingredientes.

Formulação	% em relação ao polvilho	% em relação a todos os ingredientes
160g polvilho azedo	100	36,08
50g leite	31,25	11,28
50g água	31,25	11,28
30g óleo	18,75	6,77
2,4g sal	1,5	0,54
1 ovo (55g)	34,38	12,4
80g queijo	50	18,04
16g <i>okara</i>	10	3,61

Tabela 8 - Quantidade dos ingredientes utilizados nas formulações de pão de queijo com 15% do subproduto *okara* e suas porcentagens em relação à quantidade de polvilho e a todos os ingredientes.

Formulação	% em relação ao polvilho	% em relação a todos os ingredientes
160g polvilho azedo	100	35,44
50g leite	31,25	11,08
50g água	31,25	11,08
30g óleo	18,75	6,65
2,4g sal	1,5	0,53
1 ovo (55g)	34,38	12,18
80g queijo	50	17,72
24g <i>okara</i>	15	5,32

As formulações foram misturadas na batedeira em velocidade lenta e rápida. Na formulação de pão de queijo primeiramente foram misturados os ingredientes secos; em seguida foram misturados em uma panela o queijo, óleo, água e leite e colocados para aquecimento. Após a fervura desses ingredientes, a mistura foi adicionada aos ingredientes secos para realizar a escaldagem da massa, sendo agitadas por aproximadamente um minuto na velocidade lenta. Em seguida, foi adicionado à massa o ovo e misturada por mais um minuto na mesma velocidade. Após, a velocidade foi aumentada e a massa agitada por mais dois minutos. Os produtos panificados foram moldados na forma esférica com aproximadamente 15 g, sendo assados por 30 minutos em forno a 200°C. Para a formulação de biscoito de polvilho retira-se o queijo do processamento e para a formulação do pão de queijo com *okara* adiciona-se o subproduto *okara*.

4.2.12 Análise sensorial

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

A análise sensorial dos produtos panificados foi realizada em três dias, sendo a cada dia aplicado o teste sensorial de apenas um produto panificado. A análise foi dividida em três etapas: teste de aceitabilidade, intenção de compra e análise de textura. Foram obtidas informações sobre os julgadores como sexo, idade, consumo mensal e comentários sobre produtos panificados.

4.2.12.1 Teste de aceitabilidade

O método aplicado para os produtos panificados foi o afetivo, também chamado teste de aceitabilidade, com escala hedônica, como demonstrado na Figura 10 (FARIA; YOTSUYANAGI, 2002). Neste teste o provador expressa o grau com que gosta ou desgosta das amostras, utilizando uma escala onde expressões verbais hedônicas são valores numéricos para permitir a análise estatística dos resultados. A escala de valores da ficha de avaliação varia de 1 a 9 de acordo com a seguinte denominação: 1 – desgostei muitíssimo, 5 – indiferente e 9 – gostei muitíssimo. As amostras foram codificadas com três dígitos e os provadores recrutados aleatoriamente. As amostras foram degustadas a temperatura de cerca de 20°C (DUTCOSKY, 1996). Para o biscoito de polvilho e pão de queijo foram recrutados 100 provadores não treinados e para o pão de queijo com *okara* foram recrutados 85 provadores não treinados. As amostras foram distribuídas uma de cada vez. Os provadores receberam nas cabines aproximadamente 15 g de cada amostra, um copo com água, caneta e a ficha para a avaliação. Os provadores foram instruídos com relação ao uso da água entre a

prova das amostras. A ficha de avaliação sensorial do teste de aceitabilidade está ilustrada na Figura 10.

Avalie cada amostra e indique o quanto você gostou ou desgostou utilizando a escala abaixo:

- 1- Desgostei muitíssimo
- 2- Desgostei muito
- 3- Desgostei regularmente
- 4- Desgostei ligeiramente
- 5- Indiferente
- 6- Gostei ligeiramente
- 7- Gostei regularmente
- 8- Gostei muito
- 9- Gostei muitíssimo

CÓDIGO DA AMOSTRA	VALOR	COMENTÁRIOS (textura, sabor e aparência)

Figura 10 - Ficha de avaliação sensorial de aceitabilidade.
FONTE: Adaptado de FARIA; YOTSUYANAGI, 2002.

4.2.12.2 Teste de intenção de compra

O teste foi realizado para verificação da intenção de compra para a amostra de produto panificado considerada a mais adequada do ponto de vista sensorial. Para o pão de queijo e biscoito de polvilho a formulação com fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio foi a escolhida, por ser importante sua aplicação em produtos panificados. O teste de intenção de compra para o pão de queijo com polvilho azedo e *okara* foi a formulação com 15% do subproduto. Esta formulação foi escolhida devido ao seu maior valor nutricional e também pelos bons resultados obtidos em testes laboratoriais prévios. O teste foi realizado logo após o término do teste de aceitabilidade, sendo feito pelos mesmos provadores. Os provadores degustaram aproximadamente 15 g de cada amostra. A ficha utilizada para a avaliação da intenção de compra dos produtos panificados encontra-se ilustrada na Figura 11.

Avalie a amostra e indique o parecer (de 1 a 5) que melhor define sua intenção de compra com relação ao produto:

5 - Certamente compraria
 4 - Provavelmente compraria
 3 - Talvez comprasse, talvez não comprasse
 2 - Provavelmente não compraria
 1 - Certamente não compraria

Valor: ____

Figura 11 - Ficha para avaliação da intenção de compra dos produtos panificados.
 FONTE: DELLA TORRE, 2003.

4.2.12.3 Teste de textura

O teste foi realizado para verificação da textura para as mesmas amostras utilizadas no teste de intenção de compra. Os provadores, após realizarem o teste de intenção de compra, avaliaram a textura das amostras. A ficha utilizada para a avaliação da textura está ilustrada na Figura 12.

O que você achou da textura desta amostra de pão de queijo?

7 -Extremamente mais macia que a normal
 6 - Muito mais macia que a normal
 5 - Ligeiramente mais macia que a normal
 4 - Textura ideal
 3 - Ligeiramente mais dura que a normal
 2 - Muito mais dura que a normal
 1 - Extremamente mais dura que a normal

Valor: ____

Figura 12 - Ficha para avaliação da textura dos produtos panificados.
 FONTE: Adaptada de MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1991.

4.2.13 Análise estatística

Os valores obtidos na escala hedônica foram avaliados estatisticamente pela ANOVA (análise de variância) pelo programa Microsoft Excel versão 2001 e foi aplicado o teste de Tukey para verificação da existência de diferenças estatísticas entre as médias com nível de significância de 0,05 para os quesitos analisados (DUTCOSKY, 1996).

Silva; Yonamine e Mitsui (2003) avaliaram pão tipo francês sem sal e consideraram o produto aceito quando mais de 50% dos provadores apontaram valores maiores ou iguais a seis, que corresponde ao menor grau de gostar, segundo a escala hedônica. Para as amostras obtidas neste estudo o produto foi considerado aceito quando a nota média correspondeu a $7 \pm 0,5$, conforme Stone e Sidel (1993 apud SILVA; YONAMINE; MITSUIKI, 2003, p.231).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 LEVANTAMENTO DA APLICAÇÃO DE AMIDOS EM PRODUTOS PANIFICADOS INDUSTRIALIZADOS

O levantamento elaborado a partir de visitas a estabelecimentos comerciais revelou uma certa quantidade de produtos panificados que contêm algum tipo de amido em sua composição. Percebe-se atualmente um aumento da aplicação de amidos modificados em produtos alimentícios. Conforme ilustrado na Tabela 9, pode-se perceber que dos 91 produtos panificados 9% dos produtos contêm amido modificado em sua composição.

Tabela 9 - Utilização de amidos em produtos panificados industrializados.

PRODUTO	NºAMOSTRAS	NATIVO	MODIFICADO	SEM AMIDO	AMIDO MILHO	POLV. DOCE	POLV. AZEDO	FÉC. BATATA
Wafer	10	3	0	5	1	1	0	0
Biscoito doce recheado	13	6	1	3	2	1	0	0
Biscoito doce	15	3	0	4	5	3	0	0
Biscoito de polvilho	6	0	0	0	0	2	4	0
Biscoito salgado	12	1	0	5	5	1	0	0
Bolo	13	0	4	2	2	1	0	4
Pré-misturas pão de queijo	9	0	2	0	0	9	0	0
Pré-misturas bisc.povilho	1	0	1	0	0	0	1	0
Pré-mistura chipa <i>paraguaya</i>	1	0	1	0	0	1	1	1
Pão de queijo congelado	5	0	1	0	0	5	0	0
Pão	6	0	0	5	0	1	0	0
TOTAL	91	13	10	24	15	25	6	5

Os dados apresentados na Tabela 9 revelam que em certas bolachas do tipo wafer há adição de amido nativo em sua formulação, sendo que das dez amostras cinco delas não continham amido adicionado em sua formulação.

O amido de milho aparece na composição de vários produtos, sendo encontrado em maiores proporções em biscoitos doces e biscoitos salgados. O polvilho doce aparece na composição da maioria dos produtos panificados.

Considerando o custo dos amidos modificados, pode-se perceber que produtos mais sofisticados e caros levam em sua composição amidos modificados e, em contrapartida, produtos mais populares têm em suas formulações amidos nativos. É o caso dos pães de queijo congelados e de algumas pré-misturas de pães de queijo, biscoito de polvilho e *chipa paraguaya*, que apresentam amido modificado em sua composição.

É importante destacar a presença de amidos modificados em bolos prontos para o consumo; das treze amostras, quatro continham amido modificado e quatro continham fécula de batata em sua composição.

SILVA et al. (no prelo) ressaltam que na rotulagem dos alimentos a denominação “amido modificado” cabe apenas aos amidos que foram submetidos a modificações químicas. No caso dos amidos pré-gelatinizados, que são submetidos a processos físicos (tratamento térmico), aparecem como “amido” na listagem de ingredientes.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS PRÉ-MISTURAS

A avaliação das embalagens das pré-misturas de pão de queijo (PQ), biscoito de polvilho (BP) e *chipa paraguaya* (CP) revelou os ingredientes utilizados, a composição nutricional e o custo. As amostras foram adquiridas no comércio local, compreendendo um total de nove pré-misturas de pão de queijo, uma pré-mistura de biscoito de polvilho e uma de *chipa paraguaya*.

Os dados apresentados na Tabela 10 revelam que todas as pré-misturas de pão de queijo apresentam polvilho doce em sua formulação. Este fato pode estar relacionado à falta de fornecedores de polvilho azedo qualificados e também à falta de padronização deste produto. A fécula pré-gelatinizada é utilizada em duas pré-misturas de pão de queijo e uma de biscoito de polvilho. Esta fécula facilita o processo de produção de pão de queijo, fácil de dispersar em água fria. Segundo a rotulagem apenas duas amostras de pão de queijo apresentavam fécula modificada em sua composição, visto que a utilização desse tipo de fécula torna o produto mais caro. Para a elaboração de pães de queijo a partir das pré-misturas recomenda-se acrescentar ovos e água. Todas as amostras de pães de queijo contêm aroma de queijo em sua formulação, sete das pré-misturas apresentaram descrito na embalagem aroma

natural de queijo, e o restante das pré-misturas com aroma artificial de queijo. Algumas empresas sugerem o acréscimo de queijo, na proporção de 30 a 40%.

Tabela 10 - Relação de ingredientes e aditivos descritos das embalagens das pré-misturas.

INGREDIENTES	PÃO DE QUEIJO	BISCOITO DE POLVILHO	CHIPA PARAGUAYA
polvilho doce	9	0	1
polvilho azedo	0	1	0
fécula batata	0	0	1
amido milho	1	1	0
amido pré-gelatinizado	2	1	1
amido modificado	2	0	0
leite	7	1	0
queijo	9	0	0
gordura	8	1	1
glutamato monossódico	3	0	0
sal	8	1	1
açúcar	2	0	0
TOTAL DE AMOSTRAS	9	1	1

Na Tabela 11 são apresentadas as informações nutricionais e o preço das pré-misturas, sendo possível observar que os dados nutricionais se aproximam. A amostra PQ8 não apresenta informação nutricional no rótulo. Uma única amostra de pão de queijo (PQ4) não apresentou gordura em sua composição, sendo informado no rótulo a necessidade de se acrescentar gordura para a elaboração do produto.

Tabela 11 - Relação da composição nutricional e preço descrito nas embalagens das pré-misturas comerciais.

	PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PQ5	PQ6	PQ7	PQ8	PQ9	BP	CP
Peso(g)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Valor calórico(Kcal)	420	454	472	360	434	454	450	-	440	400	470
Carboidratos(%)	70	68,2	65,3	84	67,35	68,18	70	-	70	75	64
Proteína(%)	4	4,5	3,8	0	3,6	0	0	-	0	0	0
Gorduras totais(%)	14	20,5	21,2	0	16,62	18,18	15	-	17	11	24
Gorduras saturadas(%)	0	9,1	-	-	1,58	0	2,5	-	4	5	6
Fibra(%)	4	0	0,07	-	0,05	0	-	-	0	0	0
Cálcio(%)	0,13	0,27	-	0,08	-	0,08	0,09	-	0,06	0,02	0,07
Ferro(%)	0	0	-	-	-	0	0,01	-	0	0	0
Sódio(%)	0	0,82	0,85	0,2	0,16	0	0	-	0,8	0	0,75
Potássio(%)	-	-	0,16	-	0,14	-	-	-	-	-	-
Preço (R\$/ kg)	10,32	9,08	9,56	13,8	8,12	8,28	4,4	4,00	6,00	11,60	8,20

Legenda: PQ1 a PQ9= Pré-mistura de pão de queijo
 BP: Pré-mistura de biscoito de polvilho
 CP: Pré-mistura de *chipa paraguaya*

As pré-misturas apresentam vantagens em sua utilização, como barateamento da fórmula e agilidade do processamento. As pré-misturas de pão de queijo têm validades que variam de três, seis e oito meses, enquanto as pré-misturas de biscoito de polvilho e *chipa paraguaya* têm validade de quatro meses.

Existe uma variedade maior de empresas envolvidas na comercialização das pré-misturas de pão de queijo, mesmo que raramente se observe mais de duas marcas nos supermercados. Os preços pagos no mercado varejista pelas pré-misturas de pão de queijo variam de R\$ 8,28 a 13,80 o quilo. Os valores mais baixos, de R\$ 4,00, 4,40 e 6,00, referem-se a pré-misturas comercializadas em distribuidoras, sendo somente vendidas em pacotes de 1kg. As pré-misturas de biscoito de polvilho e *chipa paraguaya* são vendidas apenas para supermercados e padarias, e, devido ao elevado preço são poucos os estabelecimentos que os utilizam. As pré-misturas com preços mais elevados apresentam em sua formulação maior quantidade de aditivos.

A composição centesimal determinada nas pré-misturas de pão de queijo, biscoito de polvilho e *chipa paraguaya* são apresentadas na Tabela 12. A Tabela 13 ilustra a análise estatística descritiva das pré-misturas de pães de queijo.

Os valores de umidade encontrados para as pré-misturas demonstram que as mesmas estão com valores abaixo dos 18%, conforme previsto na Resolução RDC nº263 (BRASIL, 2005). O teor de lipídios apresentou variação entre as amostras, de 1,33% a 23,59%, e um coeficiente de variação de 40,87%, conforme ilustrado na Tabela 13. A amostra PQ4 apresentou valor de lipídios abaixo da média, com 1,33%. Este valor ocorre devido a formulação desse produto não conter gordura inclusa.

Tabela 12 - Composição centesimal média das pré-misturas de pão de queijo, biscoito de polvilho e *chipa paraguaya*, expressa em matéria úmida.

	Umidade	Cinzas	Lipídios	Proteína	Carboidratos totais *
PQ1	8,12 ± 0,08	2,92 ± 0,11	14,7 ± 0,33	3,85 ± 0,04	70,41
PQ2	6,76 ± 0,26	2,91 ± 0,04	14,17 ± 0,11	1,4 ± 0,07	74,76
PQ3	7,59 ± 0,05	3,74 ± 0,06	21,44 ± 0,97	2,25 ± 0,11	64,98
PQ4	9,66 ± 0,08	4,12 ± 0,1	1,33 ± 0,11	1,03 ± 0,03	83,86
PQ5	9,01 ± 0,2	4,03 ± 0,15	13,98 ± 1,04	1,53 ± 0,04	71,45
PQ6	9,6 ± 0,08	2,74 ± 0,09	11,85 ± 0,09	1,44 ± 0,04	74,37
PQ7	8,1 ± 0,09	2,62 ± 0,08	14,45 ± 0,16	1,45 ± 0,01	73,38
PQ8	9,4 ± 0,05	2,65 ± 0,08	10,6 ± 0,08	0,89 ± 0,08	76,46
PQ9	8,54 ± 0,11	2,23 ± 0,11	16,53 ± 0,08	0,35 ± 0,02	72,35
BP10	10,36 ± 0,14	3,28 ± 0,06	10,38 ± 0,03	0,73 ± 0,01	75,25
CP11	7,76 ± 0,07	2,5 ± 0,07	23,59 ± 0,06	0,3 ± 0,02	65,85

* Determinado por diferença

A *chipa paraguaya* é um produto com gordura em sua composição, sendo comprovado a partir da análise de lipídios. O teor de lipídios da *chipa paraguaya* se aproximou ao da amostra PQ3, com 21,44%, conforme Tabela 12. O teor de proteínas apresentou variação entre as amostras, de 0,3 a 3,85%, com uma amplitude de 3,50. Esta variação está relacionada, principalmente, às diferentes proporções de queijo e leite nas pré-misturas.

Para a fração mineral das pré-misturas foram obtidos resultados próximos. A média das pré-misturas de pão de queijo foi de 3,11%. O resultado encontrado para a pré-mistura de biscoito de polvilho foi de 3,28% e para a *chipa paraguaya* de 2,5%.

Os carboidratos totais representam mais de dois terços da composição das pré-misturas de pão de queijo, comprovando a importância do polvilho para este produto. Os resultados da pré-mistura de biscoito de polvilho demonstram valores próximos ao das pré-misturas de pão de queijo. Esses valores estão ilustrados na Tabela 13.

Tabela 13 - Estatística descritiva dos dados da caracterização físico-química das pré-misturas de pão de queijo.

N =9	Estatística descritiva					
	Média	Mínimo	Máximo	Amplitude	Desvio Padrão	C.V.%
Umidade % (p/p)	8,53	6,76	9,66	2,90	0,99	11,56
Cinzas % (p/p)	3,11	2,23	4,12	1,89	0,68	21,90
Proteína % (p/p)	1,58	0,35	3,85	3,50	1,00	63,28
Lipídios % (p/p)	13,23	1,33	21,44	20,11	5,41	40,87
Carboidratos % *	73,56	64,98	83,86	18,88	5,08	6,90
pH **	6,49	5,72	7,30	1,58	0,60	9,31
Acidez (g ac.lático/100g amostra)	0,19	0,01	0,38	0,37	0,13	69,46
Expansão (mL/g)	2,42	2,01	3,20	1,19	0,39	16,08

*Por diferença

** Adimensional

Pereira (1998) analisou amostras de pão de queijo congelado e a composição centesimal média encontrada foi 31% de umidade, 13% de proteínas, 21% de lipídios, 4% de cinzas, 30% de carboidratos e 1% de fibra.

As pré-misturas de pão de queijo apresentaram valores de pH entre 5,72 a 7,30, com coeficiente de variação de 9,31%. Estes valores estão demonstrados na Tabela 13. Os resultados são compatíveis com os dados citados por Pereira (2001). A média encontrada para acidez titulável foi de 0,19g de ácido lático/ 100g de amostra, com uma amplitude de 0,37.

A partir dessas análises os valores de pH e acidez titulável foram relacionados com o tipo de polvilho utilizado na formulação dessas pré-misturas, pois em algumas embalagens não são especificados os ingredientes ou os dados não conferem com os resultados. Isto ocorre devido falta de preocupação de algumas empresas na divulgação correta de seus ingredientes. Por essa razão se deduz que as pré-misturas que apresentaram menor pH e maior acidez são elaboradas com polvilho azedo ou féculas modificadas, e o resultado inverso os apresentados por pães de queijo produzidos com polvilho doce (Tabela 14). Pode-se concluir que na formulação das pré-misturas, além do polvilho doce, pode existir outro tipo de polvilho, como o azedo ou modificado.

Tabela 14 - Valores médios de pH, acidez titulável e expansão das amostras das pré-misturas de pão de queijo, biscoito de polvilho e *chipa paraguaya*.

	pH*	Acidez (g ácido láctico/ 100g)	Expansão mL/g
PQ1	6,39 ± 0,03	0,35 ± 0,03	2,06 ± 0,09
PQ2	5,72 ± 0,03	0,38 ± 0,06	2,44 ± 0,16
PQ3	5,92 ± 0,11	0,29 ± 0,04	2,28 ± 0,01
PQ4	5,8 ± 0,06	0,24 ± 0,02	2,27 ± 0,11
PQ5	6,29 ± 0,11	0,15 ± 0,01	2,01 ± 0,35
PQ6	6,78 ± 0,23	0,18 ± 0,05	2,18 ± 0,55
PQ7	7,3 ± 0,14	0,05 ± 0,03	2,49 ± 0,23
PQ8	7,11 ± 0,04	0,08 ± 0,01	3,2 ± 0,42
PQ9	7,08 ± 0,11	0,005 ± 0,01	2,87 ± 0,23
BP10	4,13 ± 0,01	0,31 ± 0,01	4,33 ± 0,37
CP11	7,96 ± 0,04	0,11 ± 0,01	1,95 ± 0,04

* adimensional

Os resultados encontrados confirmam a falta de padronização dos produtos, devido a algumas matérias-primas como o polvilho e o queijo. O problema da falta de padronização e qualidade microbiológica dos queijos é tão relevante que alguns fabricantes de médio porte chegam a importar queijo para a produção do pão de queijo, o que pode levar a uma descaracterização do produto original, pois o queijo tipo minas curado é tradicionalmente usado na fabricação deste produto. Além disto, a utilização do leite cru na fabricação do queijo artesanal pode resultar no crescimento de *Staphylococcus aureus*, microrganismo que produz uma toxina termoestável, a qual por não ser destruída na temperatura de assamento do pão de queijo, pode representar um risco à saúde do consumidor (PEREIRA, 2001).

As amostras de pão de queijo analisadas apresentaram valores de expansão médio de 2,42 mL/g, com uma amplitude de 1,19, esses valores são baixos quando comparados aos biscoitos de polvilho. Esta variação pode ser explicada pelo fato do pão de queijo ainda não ser um produto com uma tecnologia padronizada e de que os fabricantes, em busca de um produto de melhor qualidade e menor custo, realizam alterações nas formulações.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DAS FÉCULAS (POLVILHO AZEDO, POLVILHO DOCE E MODIFICADAS)

A composição centesimal média encontrada para os polvilhos doces (PD), polvilhos azedos (PA), féculas modificadas comerciais Expandex® 160003 (EX003) e Expandex® 160103 (EX103) e fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio (PE) constam na Tabela 15. A estatística descritiva dos dados de caracterização físico-química das amostras está ilustrada nas Tabela 16 e 17. Na Tabela 18 são apresentados os resultados de pH, acidez titulável e expansão.

As amostras de polvilho azedo apresentaram, em média, 11,04% de umidade, e um coeficiente de variação 24,33%. Todas as amostras se apresentaram dentro do padrão estabelecido pela legislação (18% p/p). Estes dados estão ilustrados na Tabela 16.

Tabela 15 - Composição centesimal média das amostras de polvilho azedo (PA), doce (PD), féculas modificadas comerciais (EX 003 e 103) e fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio (PE) em base úmida.

	Umidade	Cinzas	Proteína	Carboidratos totais *
PA1	10,82 ± 0,34	0,09 ± 0,01	0,27 ± 0,02	88,82
PA2	11,6 ± 0,33	0,18 ± 0,03	0,45 ± 0,04	87,77
PA3	8,75 ± 0,45	0,1 ± 0,03	0,46 ± 0,01	90,69
PA4	8,99 ± 0,68	0,04 ± 0,01	0,26 ± 0,04	90,71
PA5	16,11 ± 0,26	0,16 ± 0,02	0,4 ± 0,04	83,33
PA6	8,61 ± 0,34	0,21 ± 0,01	0,49 ± 0,06	90,69
PA7	12,41 ± 0,13	0,18 ± 0,02	0,39 ± 0,06	87,02
PD1	12,02 ± 0,08	0,09 ± 0,04	0,26 ± 0,02	87,63
PD2	10,7 ± 0,43	0,17 ± 0,03	0,37 ± 0,05	88,76
PD3	11,71 ± 0,16	0,16 ± 0,01	0,43 ± 0,09	87,7
PD4	11,11 ± 0,16	0,21 ± 0,03	0,43 ± 0,11	88,25
PD5	12,19 ± 0,08	0,2 ± 0,01	0,45 ± 0,04	87,16
PD6	11,89 ± 0,10	0,19 ± 0,03	0,39 ± 0,03	87,53
PD7	12,36 ± 0,14	0,17 ± 0,02	0,35 ± 0,03	87,12
EX003	9,67 ± 0,24	0,15 ± 0,01	0,25 ± 0,01	89,93
EX103	8,67 ± 0,36	0,09 ± 0,01	0,28 ± 0,03	90,96
PE	12,41 ± 0,09	0,13 ± 0,01	0,3 ± 0,01	87,16

* Determinado por diferença

Demiante et al. (1997a, 1997b, 1998) apresentaram resultados de pesquisa na análise físico-química de amostras de polvilho azedo comerciais, adquiridas nos Estados do Rio

Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. As amostras de polvilho azedo apresentaram valor médio de umidade de 14,11%. O valor médio das amostras coletadas em Santa Catarina foi muito próximo daquele do Rio Grande do Sul, com 14,17%, enquanto que no Paraná a média de umidade das amostras foi de 13,00%.

O teor de lipídios foi desconsiderado devido as féculas apresentarem baixo teor desse componente. Cereda e Vilpoux (2003) afirmaram que os teores de lipídios aparecem na proporção de 0 a 0,25%.

Os resultados observados na Tabela 17 indicam que as amostras de polvilho doce, apresentaram umidade média de 11,71% e coeficiente de variação de 5,12. As amostras apresentaram condições de umidade propícias a uma boa conservação.

Tabela 16 - Estatística descritiva de atributos de qualidade físico-química das amostras de polvilho azedo.

N =7	Estatística descritiva					
	Média	Mínimo	Máximo	Amplitude	Desvio Padrão	C.V.%
Umidade % (p/p)	11,04	8,61	16,11	7,50	2,69	24,33
Cinzas % (p/p)	0,14	0,04	0,21	0,17	0,06	44,69
Proteína % (p/p)	0,39	0,26	0,49	0,23	0,09	23,47
Carboidratos % *	88,43	83,33	90,71	7,38	2,71	3,06
pH **	3,63	3,27	3,79	0,52	0,19	5,28
Acidez (g ac.lático/100g amostra)	0,27	0,16	0,42	0,26	0,09	32,53
Expansão (mL/g)	7,44	4,14	10,78	6,64	2,39	32,12

*Por diferença

** Adimensional

Tabela 17 - Estatística descritiva de atributos de qualidade físico-química de amostras de polvilho doce.

N =7	Estatística descritiva					
	Média	Mínimo	Máximo	Amplitude	Desvio Padrão	C.V.%
Umidade % (p/p)	11,71	10,70	12,36	1,66	0,60	5,12
Cinzas % (p/p)	0,17	0,09	0,21	0,12	0,04	23,28
Proteína % (p/p)	0,38	0,26	0,45	0,19	0,06	16,98
Carboidratos % *	87,74	87,12	88,76	1,64	0,59	0,67
pH **	6,76	4,01	7,88	3,87	1,47	21,83
Acidez (g ac.lático/100g amostra)	0,02	0,01	0,10	0,10	0,03	145,79
Expansão (mL/g)	3,91	2,78	6,24	3,46	1,10	28,29

*Por diferença

** Adimensional

Cereda e Vilpoux (2003) afirmaram que há um certo exagero quanto aos riscos que polvilhos com teores de umidade superiores a 14% poderiam causar, pois apresentam teores baixos de proteína e gordura.

O teor de cinzas não apresentou variação significativa entre as amostras. Os resultados observados para a fração mineral média foram de 0,14% para polvilho azedo, 0,17% para polvilho doce, 0,12% para féculas modificadas comerciais e 0,13% para fécula modificada oxidada. Os resultados das amostras de polvilho azedo são compatíveis os dados citados por Maeda (1999).

O remanescente dos componentes das amostras de polvilho, em base úmida, deve-se aos carboidratos que variaram de 83,33% a 90,71% para o polvilho azedo, 87,12% a 88,76% para o polvilho doce, 89,93% a 90,96% para as féculas modificadas comerciais e 87,16% para a fécula modificada oxidada.

O teor de proteínas das amostras de polvilho doce e azedo apresentou a mesma média (0,38%), as féculas modificadas obtiveram uma média de 0,27% para as comerciais e 0,30% para a oxidada.

Tabela 18 - Valores médios de pH, acidez titulável e expansão das amostras de polvilho azedo (PA), doce (PD), féculas modificadas comerciais (EX 003 e 103) e fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio (PE) em base úmida.

	pH*	Acidez (g ácido láctico/ 100g)	Expansão mL/g
PA1	3,53 ± 0,02	0,34 ± 0,01	8,68 ± 0,3
PA2	3,77 ± 0,04	0,42 ± 0,02	10,78 ± 0,42
PA3	3,78 ± 0,02	0,16 ± 0,01	6,17 ± 0,72
PA4	3,27 ± 0,03	0,22 ± 0,01	4,14 ± 0,1
PA5	3,56 ± 0,01	0,3 ± 0,01	6,5 ± 0,4
PA6	3,72 ± 0,04	0,2 ± 0,02	9,89 ± 0,01
PA7	3,79 ± 0,04	0,28 ± 0,01	5,95 ± 1,15
PD1	4,01 ± 0,02	0,1 ± 0,01	6,24 ± 0,6
PD2	7,37 ± 0,01	0,005 ± 0,01	3,99 ± 0,41
PD3	7,88 ± 0,01	0,005 ± 0,01	2,78 ± 0,51
PD4	5,38 ± 0,04	0,02 ± 0,01	3,91 ± 0,05
PD5	7,59 ± 0,04	0,005 ± 0,01	3,31 ± 0,3
PD6	7,72 ± 0,16	0,01 ± 0,01	3,58 ± 0,34
PD7	7,35 ± 0,24	0,02 ± 0,01	3,53 ± 0,08
EX 003	5,81 ± 0,02	0,02 ± 0,01	14,11 ± 0,59
EX 103	5,88 ± 0,19	0,02 ± 0,01	12,95 ± 0,61
PE	4,91 ± 0,31	0,02 ± 0,01	11,66 ± 0,32

* adimensional

Os valores de pH encontrados para o polvilho azedo foram, em média, 3,63, podendo ser considerado produto ácido, o que aliado ao baixo teor de umidade justifica o grande tempo de vida de prateleira do produto, variando de 8 meses a 1 ano. A acidez média variou de 0,16 a 0,42g de ácido láctico/ 100g, indicando heterogeneidade entre as amostras em relação a esta característica. Demiate et al. (1999) detectaram ácido láctico em amostras de polvilho azedo na proporção de 0,036 a 0,813 g/ 100g e afirmaram que o ácido láctico é o principal responsável pela acidez do polvilho.

A média dos valores de pH encontrados para o polvilho doce de 6,76, apresentou uma amplitude de 3,87 (Tabela 17). Isto significa uma heterogeneidade entre as amostras em relação a essa característica. A acidez total titulável apresentou a média de 0,02g ácido láctico/ 100g de amostra, considerada uma acidez baixa.

A acidez limite estabelecida para o polvilho azedo pela legislação anterior (CNNPA 12/1978) é de 5mL de NaOH N/ 100g. A legislação atual (RDC 263/ 2005) não dispõe de padrões para o polvilho azedo. Para cálculo de acidez titulável foi utilizado g ácido láctico/ 100g, considerando que uma solução de 1mol.L^{-1} equivale a uma concentração de 90g de ácido láctico/ L (DEMIATE et al.,1999).

Pereira et al. (1999) encontraram para a fécula fermentada de mandioca em laboratório e polvilho azedo comercial valores de pH de 4,69 e 4,18. Arias (2000) cita valores de pH de 5,5 para polvilho doce e de 3,5 para polvilho azedo.

Maeda (1999) encontrou valores de acidez média de 5,14mL de NaOH mol.L^{-1} / 100g para amostras de polvilho azedo, o que equivale a 0,46 g ácido láctico/ 100g. Cerca de 51,92% das amostras que analisou excederam o valor máximo permitido pela legislação. Cereda (1985) obteve em amostras de polvilho azedo um teor médio de acidez de 4,26mL de NaOH mol.L^{-1} /100g, equivalendo a 0,38 g ácido láctico/ 100g.

Pereira (2001) estudou diferentes tipos de polvilho, formulações de massas não-congeladas e congeladas na caracterização física, química, estrutural e sensorial do pão de queijo. Constatou que os valores mais baixos de pH e mais elevados de acidez titulável são justificados pela intensidade da atividade microbiana aumentar com o aumento da fermentação da fécula.

Demiante et al. (1997a) afirmaram que o volume específico apresenta-se como uma das características mais adequadas para a caracterização do polvilho azedo utilizado em biscoitos de polvilho, uma vez que há relação entre a expansão e o peso do produto, existindo uma relação com o grau de qualidade.

A análise de expansão das amostras de polvilho azedo apresentaram um valor médio de 7,44mL/g, que variou de 4,14 a 10,78mL/g, numa amplitude de 6,64mL/g, o que indica que estas amostras apresentam qualidade heterogênea. Para panificação quanto maior a expansão melhor a qualidade do polvilho azedo.

O grau de expansão médio encontrado para as amostras de polvilho doce foi de 3,91mL/g, apresentando uma amplitude de 3,46, revelando uma grande variação em relação a essa característica.

Os valores médios encontrados para o polvilho azedo foram de 3,63 para o pH e 7,44mL/g para expansão. Os valores médios obtidos para o polvilho doce foram de 6,76 para o pH e 3,91mL/g para expansão. Se comparadas as amostras de polvilho doce e azedo, é possível verificar que ocorreu uma maior expansão nos produtos de maior acidez.

Pode-se observar através da Tabela 18 que a amostra PD1 apresenta valores diferentes das demais, o que pode ser justificado pela falta de padronização dos polvilhos. A amostra PD1 é considerada anômala, pois estava identificada como polvilho doce, mas os resultados apresentados foram característicos de polvilho azedo, como o pH baixo e acidez e expansão elevada.

A análise de sujidades demonstra a qualidade higiênico-sanitária dos produtos. A análise das amostras de polvilho azedo e doce constatou a presença de sujidades, sendo ilustrada nas Figuras 13 e 14. A presença de material areno-terroso nos polvilhos azedos ocorre devido as falhas no processamento e de armazenamento dos produtos, principalmente nos tanques de fermentação não revestidos de plástico e secagem a céu aberto. Comparando-se polvilho azedo e doce pelas Figuras 13 e 14 pode-se perceber que a amostra de polvilho azedo apresenta maior quantidade de material areno-terroso, isto se justifica pelo processo de secagem do produto e pelo processamento artesanal. Não foi detectada a presença de sujidades leves nas amostras. A legislação brasileira (BRASIL, 2003) estabelece as disposições gerais para avaliação de matérias macroscópicas e microscópicas prejudiciais à saúde humana em alimentos embalados, relacionadas aos riscos à saúde humana. A RDC 175 de 2003 abrange: insetos, em qualquer fase de desenvolvimento, vivos ou mortos, inteiros ou em partes, reconhecidos como vetores mecânicos; outros animais vivos ou mortos, inteiros ou em partes, reconhecidos como vetores mecânicos; parasitos; excrementos de insetos e ou de outros animais e objetos rígidos, pontiagudos e ou cortantes, que podem causar lesões no consumidor.

Demiate et al. (1998) analisaram onze amostras de polvilho azedo do Rio Grande do Sul que, de forma geral, apresentaram presença indesejável de contaminantes, como fragmentos de insetos, insetos inteiros, larvas ou pupas, ácaros e material arenoso ou terroso. Demiate et al. (1997a) analisaram trinta e uma amostras de polvilho azedo do Paraná e concluíram que todas as amostras analisadas apresentaram contaminações com material biológico e areno-terroso.

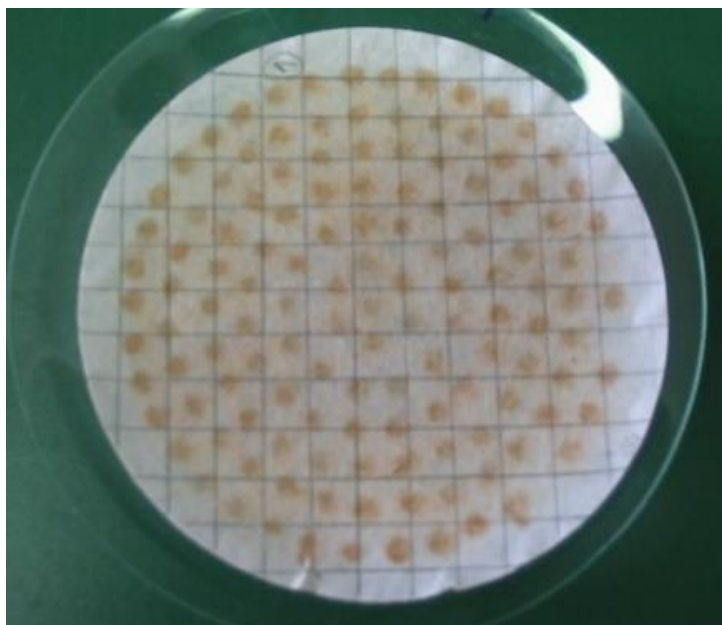


Figura 13 - Sujidades de uma amostra de polvilho azedo.



Figura 14 - Sujidades de uma amostra de polvilho doce.

Em média o quilograma do polvilho doce, custa no supermercado de R\$2,60 a 4,18, e o de polvilho azedo, entre R\$ 3,32 a 4,74. Os valores são mais baixos comparando as féculas modificadas comerciais, que apresentam os valores de R\$ 5,1 a 5,3. Nota-se o alto preço dessas amostras, devido ao processo de modificação, o qual agrega valor ao produto. O

preço do polvilho azedo e doce não diferem muito, devido a produção de polvilho azedo não ser padronizada. Estes valores estão ilustrados na Tabela 19.

Tabela 19 - Relação do preço por quilograma de amostras de polvilho azedo, doce e féculas modificadas comerciais.

AMOSTRAS	PREÇO(R\$)
PA1	3,32
PA2	4,74
PA3	4,2
PA4	3,7
PA5	3,9
PA6	4,12
PA7	4,6
PD1	2,72
PD2	4,18
PD3	2,74
PD4	2,9
PD5	2,6
PD6	3,28
PD7	3,26
EX003	5,3
EX103	5,1

5.4 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DO SUBPRODUTO DA ELABORAÇÃO DE EXTRATO AQUOSO DE SOJA (OKARA)

A composição centesimal média do *okara* revelou valores próximos daqueles encontrados na literatura, conforme Tabela 20. Os carboidratos representam 35,12%, e do conteúdo de carboidratos, 30,20% representam as fibras alimentares da amostra.

Tabela 20 – Composição centesimal do *okara*.

<i>okara</i>	(%)
Umidade	2 ± 0,13
Cinzas	3,9 ± 0,16
Gordura	17,01 ± 0,02
Proteína	41,97 ± 0,18
Fibra alimentar	30,2 ± 1,06
Carboidratos *	35,12

* Determinado por diferença

Bowles (2005) encontrou 37% de proteínas, 13% lipídios, 2,8% cinzas e 42,5% de fibras alimentares em base seca no subproduto *okara*. MA et al. (1997) encontraram valores para o *okara* seco de aproximadamente 26,8% de proteínas, 52,9% de carboidratos e 12,3% de gordura.

5.5 PROPRIEDADES VISCOAMILOGRÁFICAS

Os parâmetros das propriedades viscoamiloográficas são apresentados na Tabela 21.

As curvas viscoamiloográficas estão demonstradas nas Figuras 15, 16 e 17.

Tabela 21 - Temperatura inicial de pasta, viscosidade inicial e final a 95°C, viscosidade máxima, temperatura de viscosidade máxima e viscosidade final das amostras de polvilho azedo, polvilho doce e féculas de mandioca modificadas.

Amostra	Temp. inicial pasta (°C)	Visc. inicial a 95°C (UB)	Visc. final a 95°C (UB)	Visc.máxima(UB)	Temp. visc. máxima(°C)	Visc. final (UB)
PA1	63,5	110	30	320	71	60
PA2	62	100	40	280	68	40
PA3	65	140	100	280	72,5	150
PA4	62	150	40	300	71	60
PA5	63,5	80	10	290	71	20
PA6	65	40	0	260	69,5	0
PA7	66,5	130	20	310	74	20
PD1	63,5	220	80	480	72,5	140
PD2	63,5	420	250	620	84,5	410
PD3	57,5	420	260	850	75,5	480
PD4	63,5	380	190	550	81,5	270
PD5	62	400	240	780	74	440
PD6	60,5	380	240	840	72,5	470
PD7	62	360	180	760	74	310
EX003	57,5	340	190	570	65	250
EX103	56	360	220	730	65	280
PE	65	15	0	60	69,5	0

Observando-se a Tabela 21 verificou-se que o polvilho doce (PD) apresenta uma viscosidade máxima bem mais elevada, indicando que seus grânulos não sofreram uma parcial degradação como das amostras de polvilho azedo (PA); apresentam também uma maior capacidade de absorver água sem sofrer ruptura. As amostras Expandex[®] 160003 e 160103 apresentaram viscosidades próximas aos valores do polvilho doce. As pastas com polvilho

azedo se mostraram menos viscosas que as de polvilho doce, apresentando menor estabilidade à agitação e menor capacidade de retrogradação.

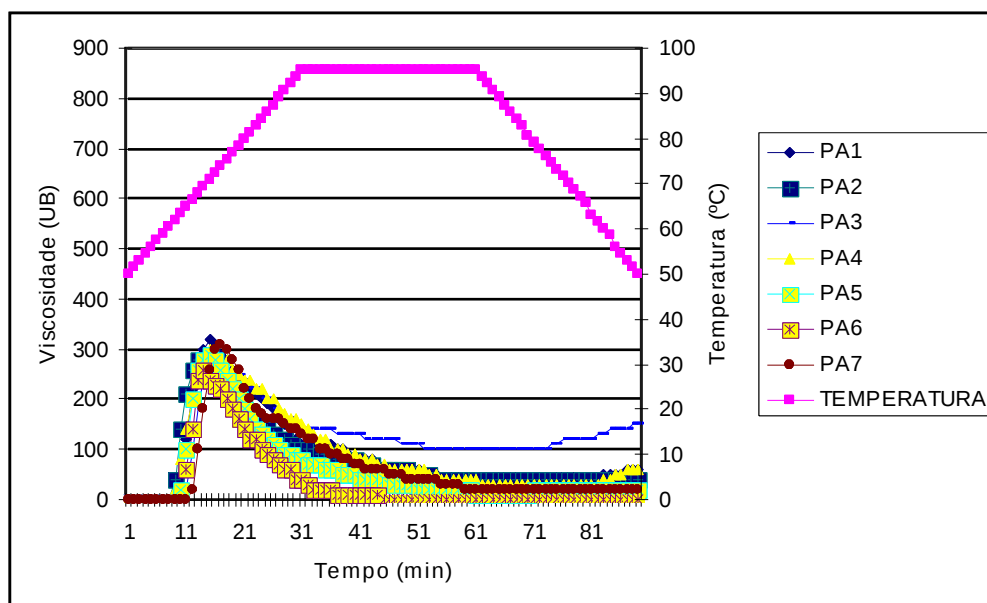


Figura 15 - Viscoamilogramas das amostras de polvilhos azedo, em função do tempo (minutos) (UB - Unidades Brabender).

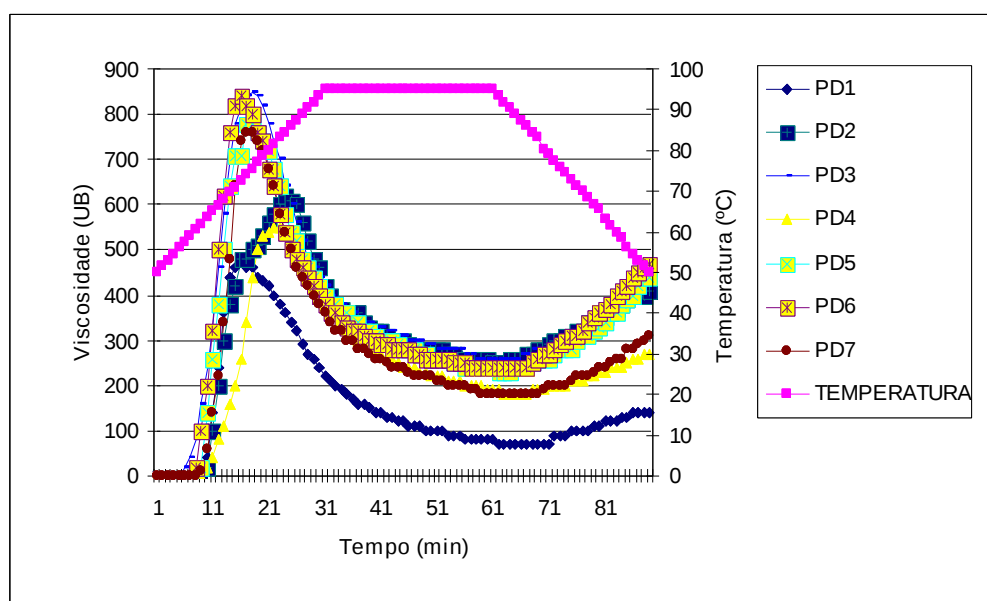


Figura 16 - Viscoamilogramas das amostras de polvilhos doce, em função do tempo (minutos) (UB - Unidades Brabender).

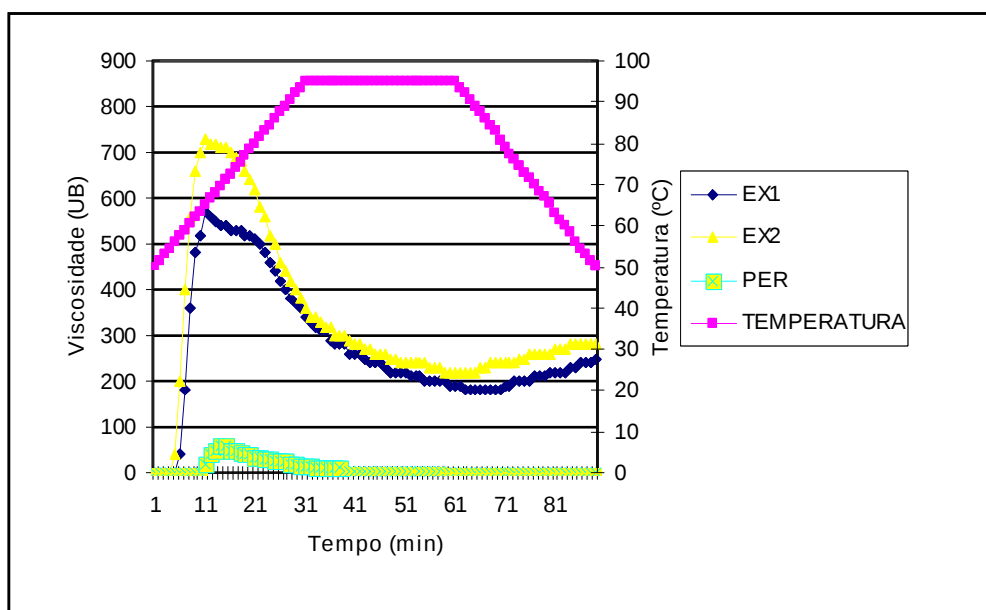


Figura 17 - Viscoamilogramas das amostras de féculas de mandioca modificadas, em função do tempo (minutos) (UB - Unidades Brabender).

Observa-se que há diferenças entre as amostras de polvilho azedo, conforme ilustrado na Tabela 21, sendo o pico de viscosidade entre as amostras de 260 a 320UB. Isto ocorre devido às alterações causadas pelo ácido nos grânulos de amido durante a fermentação, resultando em grânulos danificados (PEREIRA, 2001).

Os polvilhos doces em estudo apresentaram variação entre a temperatura inicial de pasta, com valores entre 57,5 a 63,5°C. A Tabela 21 mostra que quando se atingiu 95°C os valores de viscosidade foram de 220 a 420UB. Ao final de 30 minutos à temperatura de 95°C, as amostras tiveram uma queda na viscosidade, variando de 80 a 260UB. O pico de viscosidade variou de 480 a 850UB. A amostra de polvilho doce PD1 apresenta-se com características de polvilho azedo, pois sua viscosidade máxima foi de 480UB.

As amostras de polvilho azedo também apresentaram variação entre a temperatura inicial de pasta, de 62 a 66,5°C.

Observando os dados da Tabela 21, pode-se verificar que para a amostra Expandex® 160003 o pico de viscosidade foi de 570UB. A amostra Expandex® 160103 apresentou uma

viscosidade alta, de 730UB. A amostra de fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio teve uma pequena viscosidade, sendo seu pico máximo de 60UB.

Demiante et al.(2005) pesquisaram as características viscoamilográficas de féculas de mandioca oxidadas com permanganato de potássio 0,1N e ácido láctico ou cítrico 1% utilizando o analisador rápido de viscosidade (RVA) em diferentes valores de pH. Essas amostras apresentaram menores picos de viscosidade e estabilidade ao cozimento quando analisadas a maiores valores de pH.

5.6 CLARIDADE DE PASTA

Com relação à claridade de pasta foi observado que o polvilho azedo apresenta média de porcentagem de transmitância, de 72,37% e coeficiente de variação de 11,28%. As amostras de féculas comerciais modificadas apresentaram um valor próximo as de polvilho azedo, com média de 71,15% (Tabela 22). Estas féculas apresentam coloração branco-opaca, o que pode estar associado ao comportamento distinto durante a gelatinização ou a intensa reassociação entre as cadeias. As amostras com polvilho doce apresentam valores entre 50,70 a 66,80%, com um coeficiente de variação de 10,69%. A fécula de mandioca modificada com peróxido de hidrogênio formou pasta com transmitância de 93,8%.

Wang; White; Pollak (1993) afirmaram que amidos com alto teor de amilose apresentam menores valores de transmitância. Ciacco (1982) complementou que amidos com alta tendência a retrogradação produzem pastas mais opacas.

Tabela 22 - Valores de claridade de pasta (%T) em amostras de polvilho azedo, doce e comerciais modificados.

	Estatística descritiva					
	Média	Mínimo	Máximo	Amplitude	Desvio Padrão	C.V.%
Polvilho azedo (N=7)	72,37	59,60	81,70	22,10	8,17	11,28
Polvilho doce (N=7)	55,70	50,70	66,80	16,10	5,95	10,69
Féculas comerciais modificadas (N=2)	71,15	69,10	73,20	4,10	2,90	4,07

5.7 CICLOS DE CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO

A análise de resistência a ciclos de congelamento e descongelamento é importante para caracterizar um tipo de amido em termos de sua aplicabilidade em alimentos que devem ser refrigerados e/ ou congelados, visto que a liberação de água é geralmente prejudicial à qualidade do produto final. Na Figura 18 pode-se verificar que as amostras tiveram comportamentos diferentes aos ciclos de congelamento e descongelamento.

Silva et al. (no prelo) afirmaram que amidos nativos de mandioca e de milho ceroso são mais resistentes a ciclos de congelamento e descongelamento que o de milho regular.

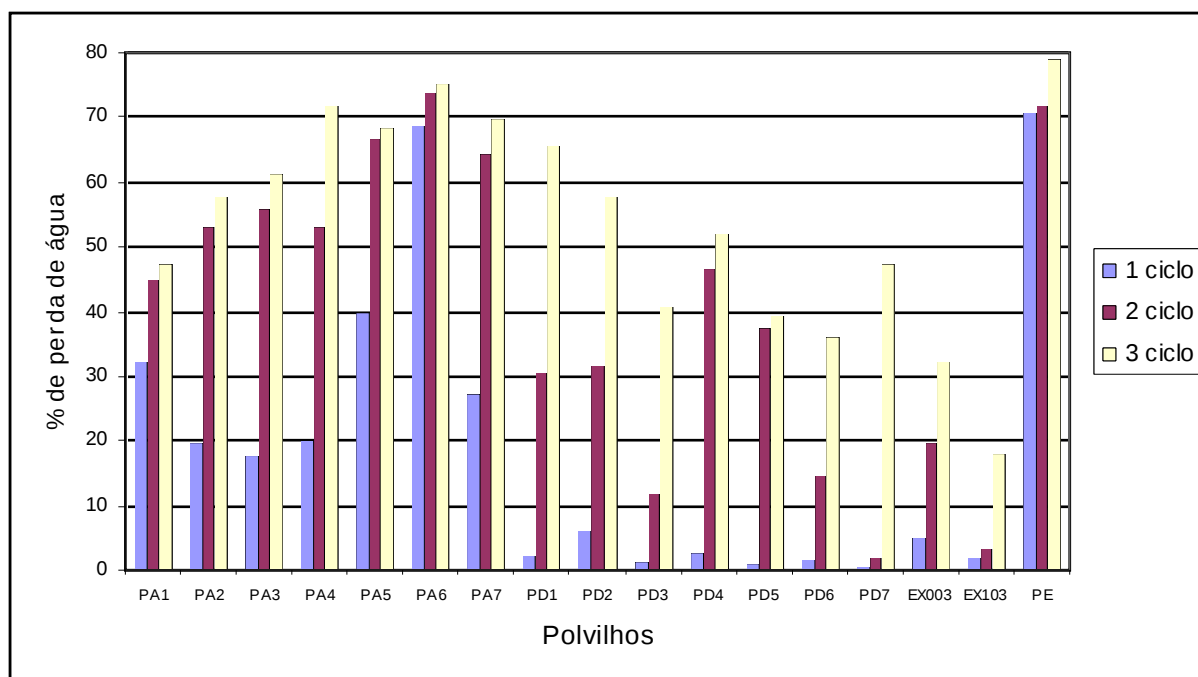


Figura 18 - Valores obtidos para a resistência a ciclos de congelamento/ descongelamento para as féculas de mandioca.

Conforme mostram os resultados, a porcentagem de água liberada das pastas foi aumentando em relação aos ciclos, sendo o 3º ciclo que promoveu a maior liberação de água.

Das amostras analisadas, foram os polvilhos doces que se apresentaram mais resistentes aos ciclos de congelamento e descongelamento, tendo pouca quantidade de água liberada no 1º ciclo, mas com um aumento no 2º e 3º ciclos.

As pastas de polvilho azedo liberaram mais água que as de polvilho doce, o que pode influenciar na maior utilização do polvilho doce na composição de massas de pão de queijo congeladas.

As pastas com féculas de mandioca modificadas comerciais apresentaram maior retenção de água quando comparadas com as dos polvilhos doces e azedos.

A amostra com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio apresentou a maior liberação de água dentre todas as amostras, o que se deve ao processo de modificação por oxidação. A fragmentação das cadeias constituintes do amido durante o tratamento químico pode ser associada com a alta liberação de água devido a reassociação molecular intensiva (TAKIZAWA et al., 2004).

5.8 PODER REDUTOR

Na Tabela 23 são apresentados os valores de poder redutor encontrados para as amostras aplicadas nos produtos panificados. A fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio apresentou o maior valor, por ter mais cadeias redutoras devido ao processo de modificação. O polvilho azedo apresentou um valor próximo, de 25,37mg Cu/g de fécula, o que pode estar relacionado à ação da acidez neste produto. Takizawa et al. (2004) encontraram 38,9 mg Cu/g em fécula de mandioca modificada com permanganato de potássio e ácido láctico.

Tabela 23 - Poder Redutor (mg Cu/g fécula) médio das amostras de polvilho azedo, polvilho doce, fécula de mandioca modificada comercial Expandex[®] 160003 e fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio.

Poder Redutor	mg Cu/g fécula
PA	25,37 ± 0,8
PD	20,51 ± 4,2
EX 003	14,06 ± 2,6
PE	36,64 ± 2,0

5.9 AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS PRODUTOS PANIFICADOS

5.9.1 Avaliação da composição química de pães de queijo

Foram analisadas quatro formulações básicas de pão de queijo, alterando-se apenas o tipo de fécula de mandioca utilizada. Os resultados da análise dos pães de queijo estão demonstrados na Tabela 24, que inclui também a avaliação da expansão. As fotos dos miolos e dos pães de queijo estão ilustradas na Figuras 19 e 20.

Tabela 24 - Composição centesimal em matéria úmida e expansão de pães de queijo produzidos com diferentes tipos de féculas de mandioca.

	Umidade %	Cinzas %	Gordura %	Proteína %	Carboidratos Totais*%	Expansão mL/g
PD	21,1 ± 0,4	2,1 ± 0,1	16,6 ± 0,1	8,5 ± 0,2	51,8	3,5 ± 0,4
PA	20,7 ± 0,6	1,9 ± 0,02	17,0 ± 0,6	6,8 ± 0,5	53,7	4,6 ± 0,3
PE	24,1 ± 0,5	2,1 ± 0,1	17,0 ± 0,6	9,0 ± 0,3	47,9	4,8 ± 0,1
EX	24,8 ± 1,5	2,2 ± 0,1	16,3 ± 0,1	9,6 ± 0,3	47,2	3,8 ± 0,1

* Determinado por diferença

LEGENDA:

PD= polvilho doce

PA = polvilho azedo

PE = fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio

EX = fécula modificada comercial Expandex[®] 160003

Os pães de queijo com fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial Expandex[®] 160003 apresentaram valores de umidade, de 24,1 e 24,8%, respectivamente.

Os carboidratos totais representam 50% da composição das formulações de pão de queijo.

Com relação ao teor protéico das diferentes formulações, pode-se observar que a formulação com polvilho azedo apresentou menor resultado, o que pode estar relacionado com a qualidade de algum ingrediente.

Para os outros constituintes, cinzas e lipídios, a variação entre as formulações não foi significativa. Dessa forma, o teor de cinzas e lipídios, são similares, em todas as formulações. Isto ocorre devido a adição dos ingredientes ser nas mesmas proporções.

Pereira et al. (1999) encontraram valores de 2,80% de cinzas e Jesus (1997) encontrou valores médios nos lotes de pães de queijo estudados de 4,06 a 4,27%. Como se pode notar os valores encontrados por estes autores são muito variáveis, mas isto se justifica pelo fato do queijo ser o maior responsável pelo conteúdo em minerais no produto final. Como cada formulação é composta por um queijo diferente e como cada queijo também tem sua composição diferenciada, conseqüentemente cada produto terá um percentual diferente de cinzas. Além disso, a quantidade de queijo usada também é variável nas formulações.

O aumento de volume dos produtos é resultante da combinação da pressão de vapor de água e expansão das bolhas de ar ocluídas na massa. A estrutura é fixada no ponto de expansão máxima durante o assamento, produzindo a textura e o volume desejado (PIZZINATTO, 2000).

Nery; Pereira; Silva (2002) afirmaram que pães de queijo de polvilho azedo e de fécula de mandioca não apresentam diferenças significativas entre si, suas células do miolo apresentam tamanho uniforme e suas massas têm boa plasticidade e consistência.

As amostras apresentaram valores de expansão entre 3,5 a 4,8mL/g. As amostras com polvilho azedo e com fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio apresentaram valores de expansão mais elevados. A amostra de maior valor, com 4,8mL/g, foi modificada para apresentar a propriedade de expansão. O pão de queijo obtido com polvilho doce apresentou o menor valor de expansão, visto que é um ingrediente com limitada capacidade de expansão. Mesmo assim, devido a falta de padronização do polvilho azedo, o polvilho doce acaba sendo o mais utilizado na elaboração de pão de queijo.

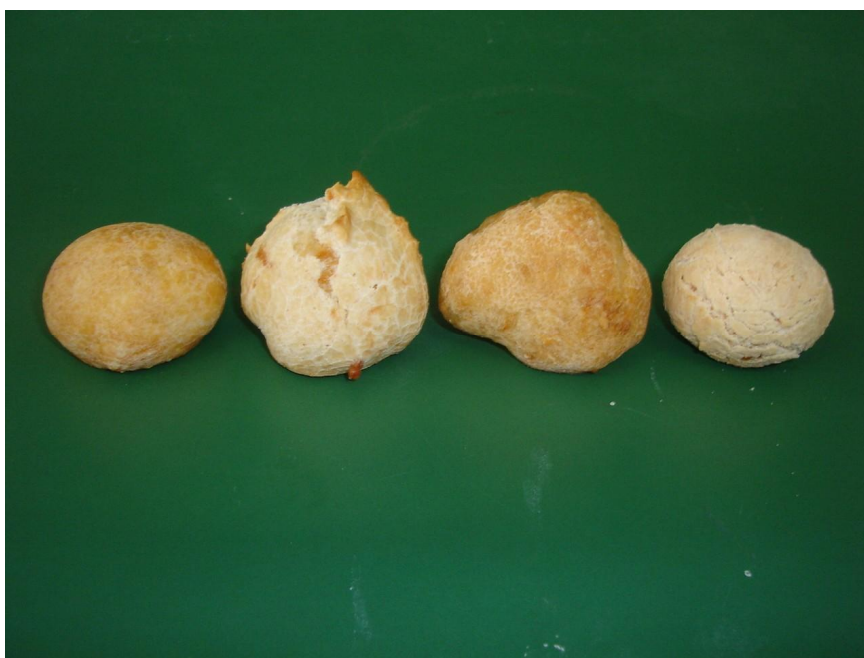


Figura 19 - Da esquerda para a direita, pães de queijo produzidos com polvilho doce, polvilho azedo, fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial Expandex[®] 160003.



Figura 20 - Da esquerda para a direita, aspecto do miolo dos pães de queijo produzidos com polvilho doce, polvilho azedo, fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial Expandex[®] 160003.

5.9.2 Avaliação da composição química dos biscoitos de polvilho

Foram produzidas quatro formulações básicas de biscoitos de polvilho, aplicando-se a mesmas féculas utilizadas nos pães de queijo. Os resultados da análise dos biscoitos de polvilho estão demonstrados na Tabela 25. As fotos dos miolos e dos biscoitos de polvilho estão ilustradas nas Figuras 21 e 22.

Tabela 25 - Composição centesimal em matéria úmida e expansão de biscoitos de polvilho.

	Umidade %	Cinzas %	Gordura %	Proteína %	Carboidratos Totais*%	Expansão mL/g
PD	22,1 ± 2,3	2,8 ± 0,1	2,6 ± 0,3	2,2 ± 0,1	70,4	3,3 ± 0,3
PA	22,2 ± 1,7	2,2 ± 0,1	2,5 ± 0,4	2,2 ± 0,2	70,8	8,5 ± 0,4
PE	24,4 ± 0,4	2,4 ± 0,04	2,2 ± 0,2	2,4 ± 0,02	68,7	7 ± 0,2
EX	24,3 ± 1,4	2,6 ± 0,01	2,3 ± 0,7	2,7 ± 0,1	68,1	7,3 ± 0,2

* Determinado por diferença

Os biscoitos de polvilho elaborados com fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial Expandex[®] 160003 apresentaram valores próximos de umidade.

As amostras de biscoito de polvilho analisadas apresentaram teores próximos de carboidratos. Apesar da diferença pouco acentuada do teor de carboidratos entre polvilho doce e polvilho azedo, observa-se uma diferença menor para a amostra com fécula modificada Expandex[®] 160003.

Para os outros constituintes, cinzas, lipídios e proteínas, a variação entre as formulações não foi expressiva.

As amostras apresentaram valores de expansão entre 3,3 a 8,5mL/g. A amostra com polvilho azedo apresentou maior grau de expansão, com 8,5mL/g. Este resultado já era esperado devido às propriedades conhecidas do polvilho azedo. O produto com polvilho doce apresentou o menor valor de expansão, com 3,3 mL/g, visto que é um produto que não tem a propriedade de expandir.

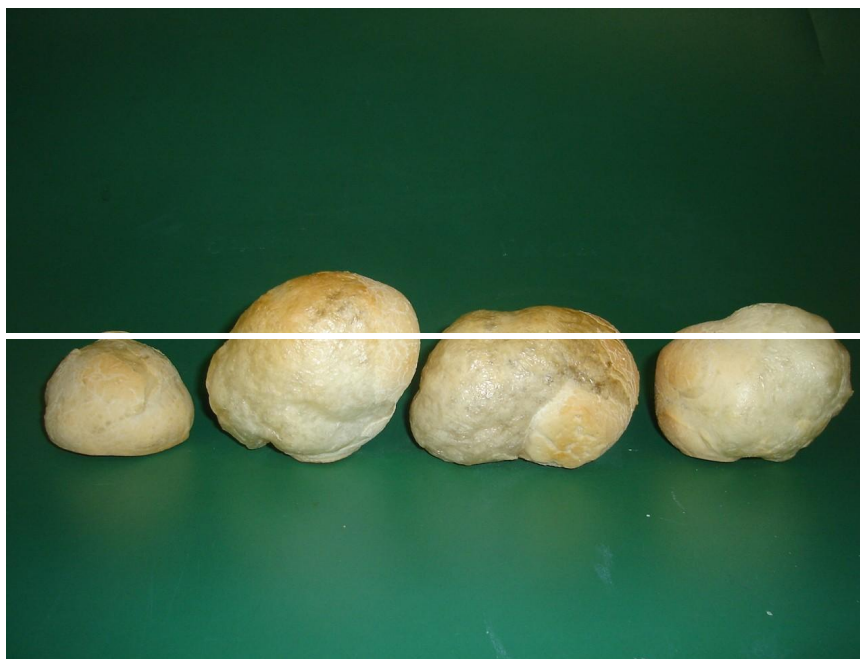


Figura 21 - Da esquerda para a direita, biscoitos produzidos com polvilho doce, polvilho azedo, fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial Expandex[®] 160003.



Figura 22 - Da esquerda para a direita, aspecto do miolo dos biscoitos produzidos com polvilho doce, polvilho azedo, fécula modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula modificada comercial Expandex[®] 160003.

5.9.3 Avaliação da composição química do pão de queijo com *okara*

Foram produzidas três formulações de pão de queijo com 5, 10 e 15% de *okara* seco.

Os resultados da avaliação da qualidade físico-química dos pães de queijo com *okara* estão

ilustrados na Tabela 26. As fotos dos miolos e dos pães de queijo com 5, 10 e 15% de *okara* estão ilustradas na Figuras 23 e 24.

Tabela 26 - Composição centesimal em matéria úmida e expansão de pães de queijo elaborados com 5, 10 e 15% de *okara*.

	Umidade %	Cinzas %	Lipídios %	Proteína %	Carboidratos Totais* %	Fibra Alimentar %	Expansão mL/g
5% <i>okara</i>	26,4 ± 3,1	1,8 ± 0,1	15,1 ± 0,5	10,4 ± 0,4	46,3	9,9 ± 0,9	4,6 ± 0,3
10% <i>okara</i>	28,4 ± 0,9	1,9 ± 0,03	16,3 ± 0,2	11,3 ± 0,2	42,1	11,6 ± 1,1	2,7 ± 0,1
15% <i>okara</i>	30,1 ± 2,6	2 ± 0,1	17,4 ± 1,7	11,7 ± 0,3	38,8	13,2 ± 0,8	2,4 ± 0,5

* Determinado por diferença

Os pães de queijo elaborados com 5, 10 e 15% de *okara* apresentaram 26,4, 28,4 e 30,1% de umidade, respectivamente.

Pode-se observar que com a adição do subproduto *okara* existe um aumento na concentração de lipídios, proteínas e fibra alimentar nos pães de queijo.

Com relação ao conteúdo de fibra alimentar das diferentes formulações, pode-se observar um acréscimo de uma formulação à outra com o aumento da concentração do subproduto. Assim, pode-se considerar que os produtos suplementados com *okara* em qualquer uma das concentrações usadas acabam tendo certo enriquecimento em fibras.

As amostras de 5, 10 e 15% apresentaram valores de expansão sucessivamente menores, sendo que as amostras de pão de queijo com 10 e 15% de *okara* apresentaram valores próximos de expansão.



Figura 23 - Da esquerda para a direita, pães de queijo com 5%, 10% e 15% de *okara*.

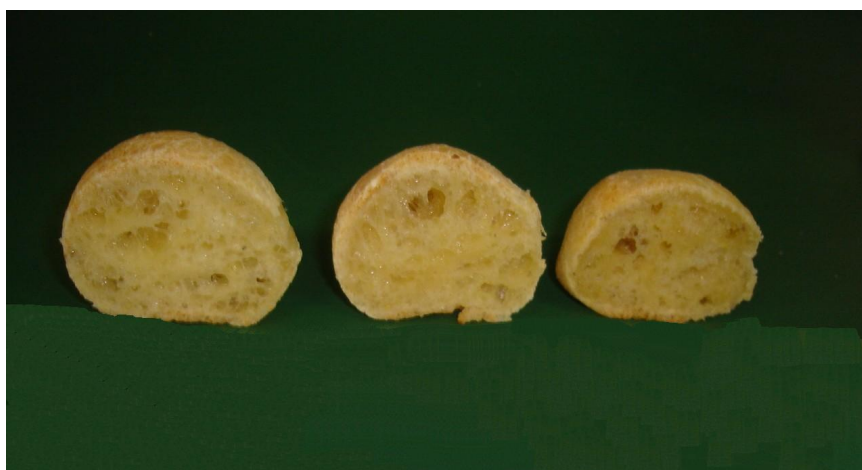


Figura 24 - Da esquerda para a direita, aspecto do miolo dos pães de queijo com 5%, 10% e 15% de *okara*.

5.10 AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS PRODUTOS PANIFICADOS

5.10.1 Avaliação sensorial dos pães de queijo

a) Teste de aceitabilidade

Os resultados do teste de aceitabilidade para as amostras de pão de queijo estão demonstrados na Figura 25, onde pode ser observado que para a amostra com polvilho doce

apenas 6% dos provadores conferiram nota 9, 16% deram nota 8, 18% optaram pelo valor 7, 21% pela nota 6 e 10% pela nota 5. A média geral das notas da amostra foi de 5,9. Assim, pela observação de tais resultados pode-se verificar que o produto não foi aceito, pois sua nota foi inferior a $7 \pm 0,5$ segundo a escala estabelecida por Silva; Yonamine e Mitsuiki (2003).

Para a formulação com polvilho azedo, os valores encontrados foram mais expressivos, sendo que 17% dos provadores atribuíram a nota 9, 27% optaram pela nota 8, 23% pela nota 7, 14% conferiram o valor 6, e em menor proporção aparece a nota 5 que atingiu 8%. A média obtida foi de aproximadamente 7, considerando-se o produto aceito (SILVA; YONAMINE; MITSUIKI, 2003).

Para os pães de queijo elaborados com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio verificou-se que 20% dos provadores atribuíram nota 9 para a amostra, 27% deram a nota 8, 17% concederam o valor 7, 19% o valor 6 e em menor proporção o valor 5 com 6% dos provadores. A média final foi de aproximadamente 7, podendo-se verificar uma boa aceitação para a amostra com fécula de mandioca modificada oxidada.

Observa-se que 20% dos provadores atribuíram nota 9 ao produto elaborado com fécula de mandioca modificada comercial Expandex[®] 160003, 25% dos provadores atribuíram nota 8 para a amostra, 22% dos provadores atribuíram nota 7, 17% concederam a nota 6, e o percentual mais baixo, com 6%, conferiu nota 5. A média geral das notas foi de aproximadamente 7.

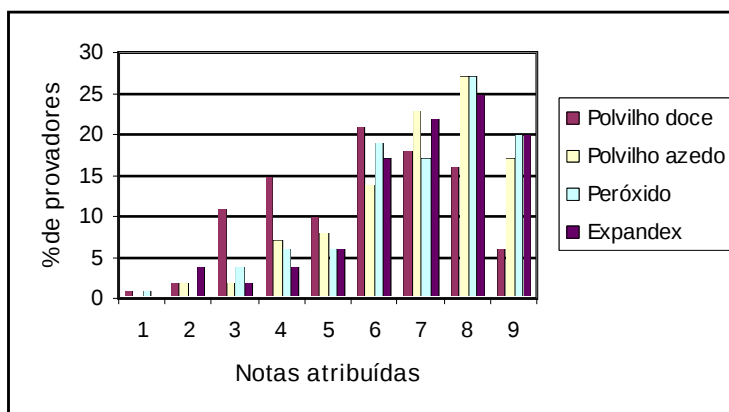


Figura 25 - Teste de aceitabilidade das amostras de pão de queijo.

Jesus (1997) relatou que cada tipo de polvilho contribui para uma determinada característica de qualidade no pão de queijo. O autor testou algumas formulações e concluiu que o polvilho azedo resultou no pão de queijo de maior preferência em relação à aparência, ao passo que polvilho doce foi o que teve menor preferência no sabor.

A partir dos resultados sensoriais pode-se verificar uma aceitação próxima para as formulações contendo polvilho azedo, fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula de mandioca modificada comercial Expandex[®] 160003. As notas atribuídas foram 6,96, 7,11 e 6,98, respectivamente.

Foi aplicada a ANOVA (análise de variância) aos resultados e verificou-se que houve diferença significativa entre a aceitabilidade das amostras, em nível de 5% (Tabela 27). O valor F encontrado foi de 15,17, sendo este superior ao F tabelado (2,64).

Tabela 27 - Quadro de análise de variância da aceitabilidade das amostras de pães de queijo.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	valor-P	F crítico
Amostras	99,94	3	33,31333	15,17354	3,26E-09	2,635005
Provadores	518,84	99	5,240808			
Erro	652,06	297	2,195488			
Total	1270,84	399				

Em seguida foi determinada a diferença mínima significativa (DMS) entre as amostras, através do Teste de Tukey. O valor de DMS foi calculado para que as amostras sejam consideradas diferentes e esta diferença deve ser de no mínimo 0,54. A partir dos valores das médias obtidas pelo teste de aceitação é possível determinar a diferença numérica entre elas, e estes valores estão demonstrados na Tabela 28.

Tabela 28 - Determinação da diferença entre as amostras de pão de queijo.

Amostra	Média obtida
Amostra 1 (PD)	5,87 ^a
Amostra 2 (PA)	6,96 ^b
Amostra 3 (PE)	7,11 ^b
Amostra 4 (EX)	6,98 ^b
Obs: DMS = 0,54	

* médias seguidas de letras distintas, diferem entre si, pelo Teste de Tukey, em nível de 5%.

Considerando os valores da Tabela 28 verifica-se ausência de diferença significativa entre as amostras 2, 3 e 4, com polvilho azedo, fécula de mandioca modificada com peróxido de hidrogênio e com Expandex[®] 160003, pois o valor encontrado para estas amostras foi inferior ao DMS de 0,54.

Pereira (2001) aplicou análise descritiva quantitativa (ADQ) para avaliar atributos em pães de queijo. O propósito de utilizar esta análise foi para descrever as características de aparência, aroma, textura e sabor dos produtos. Observou que o tipo de polvilho, as formulações, os tipos de massa influenciaram nas características externas, internas e de paladar dos pães de queijo.

Minin et al. (2000) utilizaram análise descritiva para determinar as características dos pães de queijo e também teste de aceitabilidade em sete formulações do produto. Concluíram

que a utilização de somente polvilho doce reduz a quebra (aberturas que podem ocorrer nas laterais do produto) e aumenta a uniformidade do pão de queijo, devido ao polvilho doce ter menor capacidade de expansão.

b) Características dos Provadores de Pão de Queijo

No teste sensorial foram coletadas informações sobre os provadores, conforme ilustrado na Figura 26, tendo sido detectado que 57% dos provadores eram do sexo feminino e 43% dos provadores do sexo masculino. Constatou-se que dos 100 provadores 26% são mulheres e 22% são homens com até 20 anos; 23% são mulheres e 17% são homens entre 21 a 35 anos; 5% são mulheres e 3% são homens entre 36 e 50 anos e 3% são mulheres e 1% são homens com mais de 50 anos.

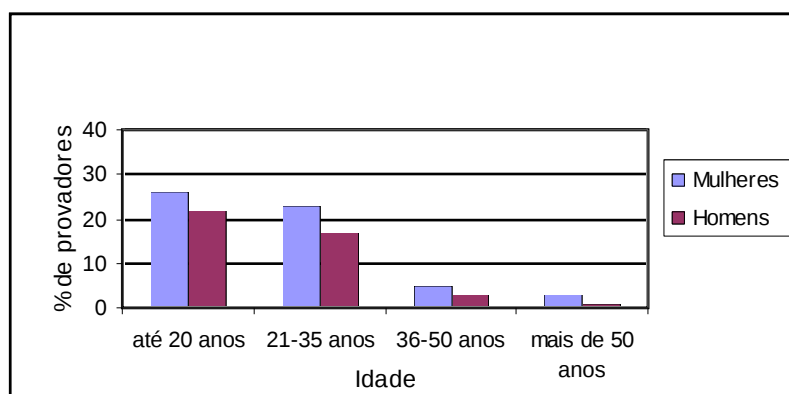


Figura 26 - Relação de provadores de pão de queijo por sexo e idade.

Foi avaliado o consumo mensal de pão de queijo pelos provadores, visto que se o provador não tivesse o hábito de consumir o produto, o mesmo não estaria capacitado para realizar o teste sensorial. Dos 100 provadores, 73% têm o hábito de consumir o produto até cinco vezes ao mês. O consumo mensal dos provadores está demonstrado na Figura 27.

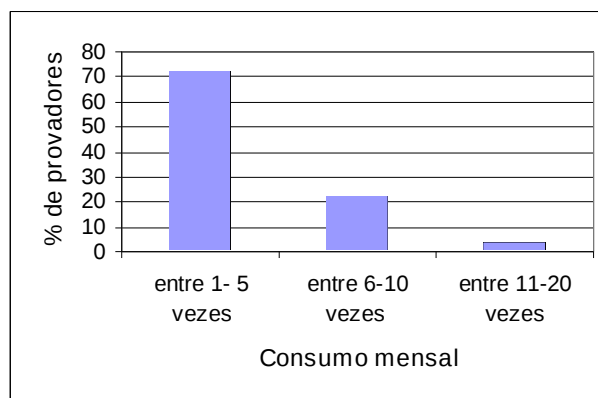


Figura 27 - Relação de provedores de pão de queijo por consumo mensal.

c) Avaliação sensorial para verificação da intenção de compra dos pães de queijo elaborados com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio

Foi realizado um teste para verificação da intenção de compra da amostra de pão de queijo com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio. Esta fécula foi escolhida por não ser encontrada no comércio e por estar disponível no Laboratório de Raízes e Tubérculos da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

A verificação da intenção de compra do produto panificado com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio teve como resultado um parecer médio entre 5, 4 e 3, ou seja, que 32% dos provedores certamente comprariam o produto e 38% provavelmente o comprariam. Os valores do teste de intenção de compra encontram-se ilustrados na Figura 28.

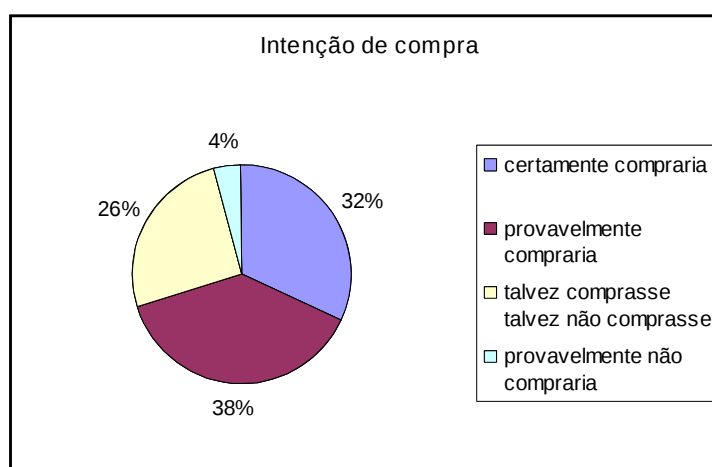


Figura 28 - Intenção de compra do pão de queijo elaborado com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio.

d) Avaliação sensorial para verificação da textura dos pães de queijo elaborados com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio

Junto com o teste de intenção de compra do produto panificado foi realizada uma avaliação da textura pelos provadores. Dos 100 provadores 80% relataram aspectos positivos com relação a textura do produto panificado. Destes 41% avaliaram o produto como textura ideal, 20% como textura ligeiramente mais macia que a normal e 13% textura muito mais macia que a normal. Estes resultados estão demonstrados na Figura 29.

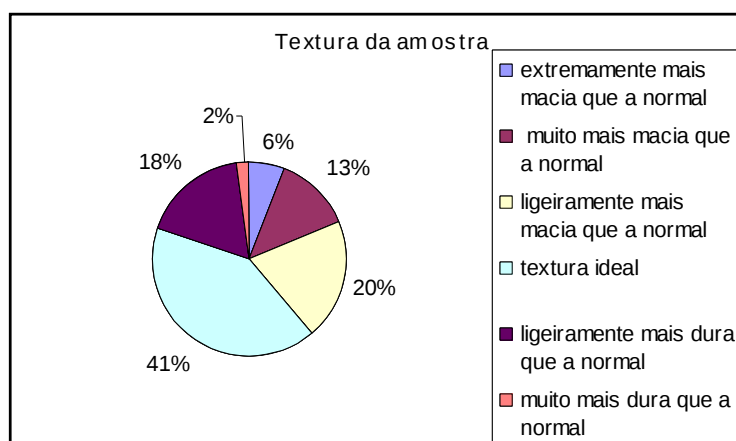


Figura 29 - Avaliação da textura do pão de queijo elaborado com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio.

e) Comentários dos Provadores de Pão de Queijo elaborado com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio

Na análise sensorial de aceitabilidade alguns provadores fizeram comentários em relação a amostra, sobre as quais mais apreciaram ou menos apreciaram, o que está demonstrado na Figura 30.

Para a amostra de polvilho doce (PD) o atributo mais citado foi o sabor bom, mas a textura ruim estava presente como o atributo menos citado. Os atributos mais lembrados para o polvilho azedo (PA) foram o sabor bom e textura boa, mas a textura ruim estava presente como o atributo menos apreciado. Para a amostra de fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio (PE) a textura boa continua como o atributo mais citado, a qual

juntamente com o sabor bom também se destaca. A amostra com Expandex® (EX) foi a que apresentou melhor avaliação do sabor bom, porém a textura firme do produto foi considerada como um atributo não apreciado. Em geral todas as amostras apresentaram comentários positivos em relação a aparência.

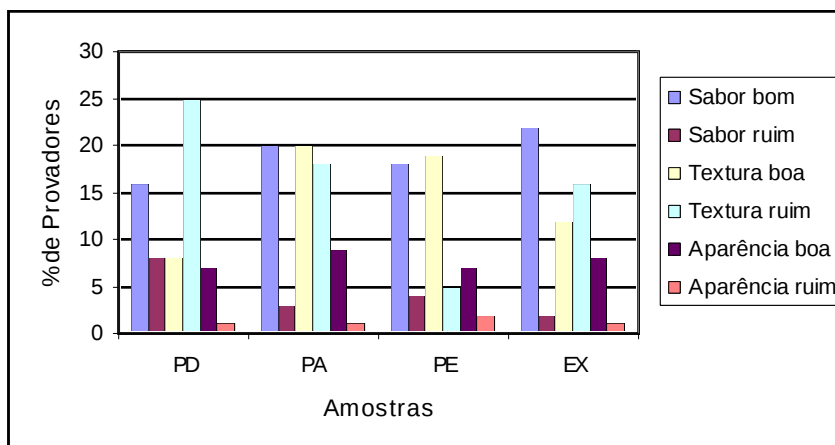


Figura 30 - Frequência de citação de atributos mais e menos apreciados em amostras de pão de queijo.

5.10.2 Avaliação sensorial dos biscoitos de polvilho

a) Teste de aceitabilidade

Os resultados do teste de aceitabilidade para as amostras de biscoito de polvilho estão contemplados na Figura 31, onde pode ser observado que para a amostra com polvilho doce 10% dos provadores conferiram nota 9, 17% deram nota 8, 16% optaram pelos valores 7 e 6, e 14% pela nota 5. A média geral das notas da amostra foi de aproximadamente 6, podendo se considerar que a aceitação do produto foi limitada, pois a nota obtida foi menor que $7 \pm 0,5$ segundo a escala estabelecida por Silva; Yonamine e Mitsuiki (2003).

Para a amostra de polvilho azedo as notas encontradas foram maiores. Observa-se que 13% dos provadores atribuíram nota 9, 27% dos provadores concederam a nota 8, 19% conferiram nota 7 e 6, e em menor proporção aparece a nota 5 que foi conferida por 10% dos

providores. A média geral das notas foi de aproximadamente 6,8. Assim, pela observação de tais resultados verifica-se uma aceitação para a amostra elaborada com polvilho azedo.

Para a formulação de biscoito de polvilho com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio verificou-se que apenas 10% dos provedores atribuíram a nota 9 para a amostra, 15% deram a nota 8, 18% concederam o valor 7, 23% o valor 6 e em menor proporção o valor 5 com 13% dos provedores. A média final das amostras foi de aproximadamente 6,1, podendo-se considerar que a amostra não foi aceita, pois a nota obtida foi menor que $7 \pm 0,5$ segundo a escala estabelecida por Silva; Yonamine e Mitsui (2003).

Observa-se que apenas 12% dos provedores concederam nota 9 ao produto elaborado com fécula de mandioca modificada comercial Expandex® 160003, 26% dos provedores concederam a nota 8 para a amostra, 24% dos provedores atribuíram nota 7, 18% conferiram nota 6, e o percentual mais baixo, com 8%, para a nota 5. A média geral das notas foi de aproximadamente 6,8, considerando-se o produto aceito.

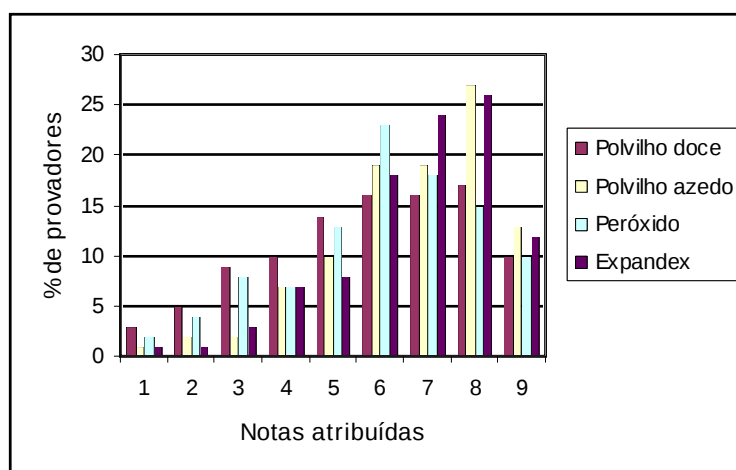


Figura 31 - Teste de aceitabilidade das amostras de biscoito de polvilho.

Por meio dos resultados do teste afetivo pode-se verificar uma aceitação próxima para as formulações contendo polvilho azedo e fécula de mandioca modificada comercial Expandex® 160003. As notas atribuídas foram 6,77 e 6,79 respectivamente. O produto elaborado com polvilho doce e fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de

hidrogênio não foi aceito, visto que suas notas foram de 5,97 e 6,08, ou seja menores que o estabelecido, que é o valor $7 \pm 0,5$ (SILVA; YONAMINE; MITSUIKI, 2003).

Foi aplicada a análise de variância (ANOVA) aos resultados e concluiu-se que houve diferença significativa entre as amostras, em nível de 5%. O valor F encontrado foi de 7,19, sendo este superior ao F tabelado (2,64). Os resultados na análise de variância estão demonstrados na Tabela 29.

Tabela 29 - Quadro de análise de variância das amostras de biscoito de polvilho.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	valor-P	F crítico
Amostras	57,6275	3	19,20917	7,193243	0,000112	2,635005
Provadores	507,4475	99	5,125732			
Erro	793,1225	297	2,670446			
Total	1358,198	399				

A diferença mínima significativa (DMS) entre as amostras foi determinada, utilizando-se o Teste de Tukey. O valor da diferença mínima significativa foi calculado e para que as amostras sejam consideradas diferentes, esta diferença deverá ser de no mínimo 0,59. A partir dos valores das médias das amostras obtidas pelo teste de aceitação, determinou-se a diferença entre elas, e estes valores estão ilustrados na Tabela 30.

Tabela 30 - Determinação da diferença entre as amostras de biscoito de polvilho.

Amostra	Média obtida
Amostra 1 (PD)	5,97 ^a
Amostra 2 (PA)	6,77 ^b
Amostra 3 (PE)	6,08 ^a
Amostra 4 (EX)	6,79 ^b

Obs: DMS = 0,59

* médias seguidas de letras distintas, diferem entre si, pelo Teste de Tukey, em nível de 5%.

A partir dos valores da Tabela 30 verifica-se ausência de diferença significativa entre as amostras 3, com peróxido de hidrogênio e 1, com polvilho doce, pois o valor encontrado é inferior ao DMS de 0,59. A amostra 4 não tem diferença significativa quando comparada à amostra 2, ou seja, aquelas com fécula de mandioca modificada comercial Expandex® 160003 e com polvilho azedo, respectivamente, pois o valor encontrado é menor que o DMS de 0,59.

b) Características dos provadores de biscoito de polvilho

A partir do teste sensorial foram coletadas algumas informações sobre os provadores, conforme demonstrado na Figura 32. Os resultados da coleta dos dados revelaram que 44% dos provadores eram mulheres e 56% homens. Constatou-se que dos 100 provadores 20% eram mulheres e 29% homens com até 20 anos, 15% eram mulheres e 18% homens entre 21 a 35 anos, 8% mulheres e 6% homens entre 36 e 50 anos e 1% mulheres e 3% homens com mais de 50 anos.

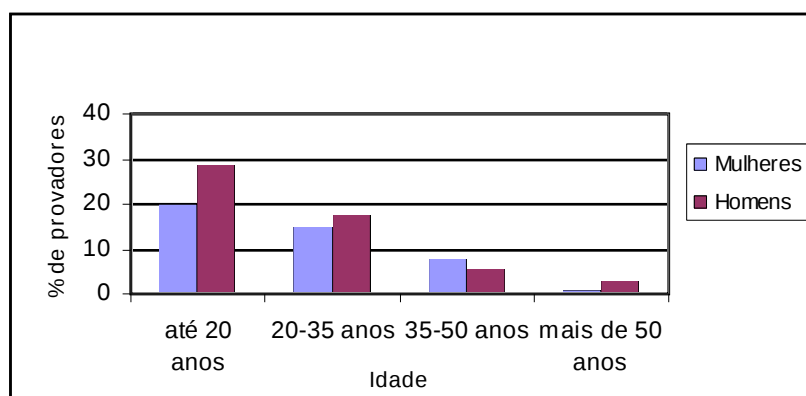


Figura 32 - Relação de provadores de biscoito de polvilho por sexo e idade.

O consumo mensal dos provadores de biscoito de polvilho foi constatado no teste sensorial, estando demonstrado na Figura 33, visto que se o provador não tivesse o hábito de consumir o produto, o mesmo não estaria capacitado para realizar o teste sensorial. Dos 100 provadores, 75% têm o hábito de consumir o produto até cinco vezes ao mês.

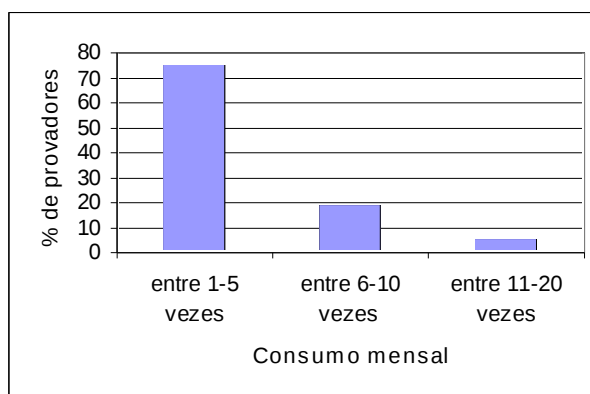


Figura 33 - Consumo mensal dos provadores de biscoito de polvilho.

c) Avaliação sensorial para verificação da intenção de compra dos biscoitos de polvilho elaborados com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio

A verificação da intenção de compra dos biscoitos de polvilho produzidos com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio está demonstrada na Figura 34. Apenas 13% dos provadores relatam que certamente comprariam o produto e 31% provavelmente o comprariam.

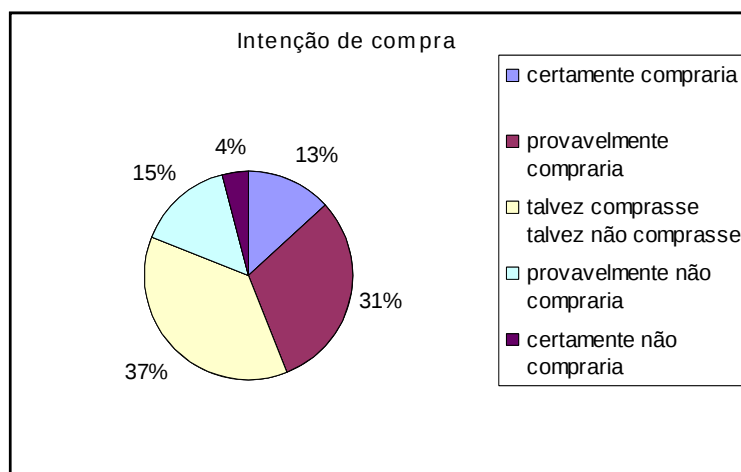


Figura 34 - Intenção de compra de biscoitos de polvilho.

d) Avaliação sensorial para verificação da textura dos biscoitos de polvilho elaborados com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio

Foi realizada uma avaliação da textura pelos provadores, junto com o teste de aceitabilidade dos produtos. Dos 100 provadores 84% relataram aspectos positivos com relação a textura do produto panificado. Essas informações estão ilustradas na Figura 35.

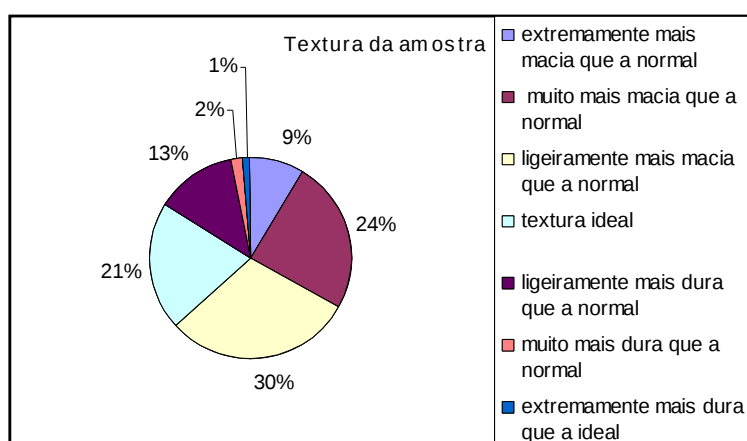


Figura 35 - Avaliação da textura de biscoito de polvilho elaborado com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio.

e) Comentários dos Provadores de Biscoito de Polvilho elaborado com fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio

Na análise sensorial de aceitabilidade alguns provadores fizeram comentários sobre os atributos mais e menos apreciados nas amostras de biscoito de polvilho elaboradas com os diferentes ingredientes amiláceos. Esses dados estão ilustrados na Figura 36.

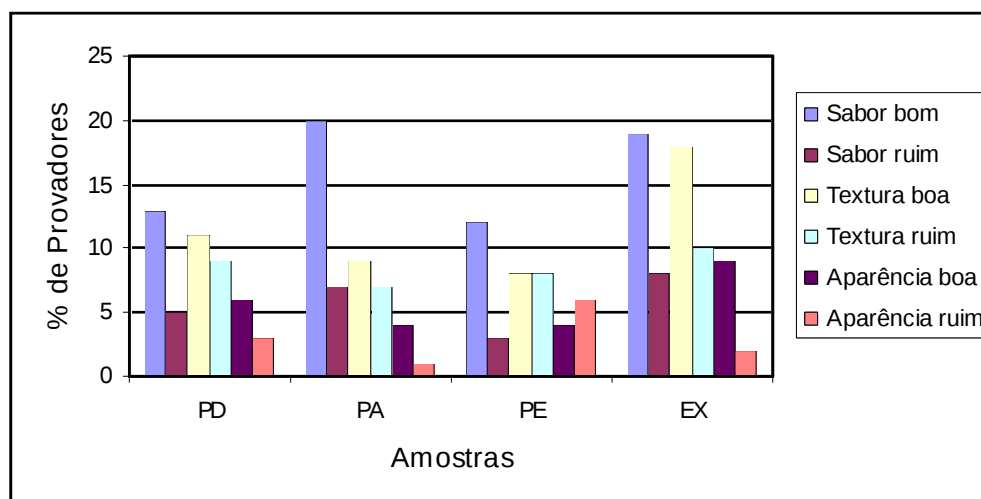


Figura 36 - Frequência de citação de atributos mais e menos citados em amostras de biscoito de polvilho.

Para a amostra de polvilho doce (PD) o atributo mais representativo foi o sabor bom. A textura boa do produto também foi citada, mas também aparecem comentários em relação a textura ruim do produto. O atributo mais apreciado para o polvilho azedo (PA) foi o sabor bom sendo a amostra considerada de melhor sabor. A textura boa aparece em maior porcentagem que a ruim, mas os valores são próximos. Para a amostra de fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio (PE) o sabor bom continua como o atributo mais apreciado, e os atributos textura boa e ruim foram pontuados igualmente; este fato deve ter ocorrido devido a essa amostra apresentar um miolo diferente das demais, com mais umidade. Como atributo não apreciado tivemos a aparência do produto, que ocorre devido a coloração diferente em relação as outras amostras, devido ao tipo de modificação química da fécula. A amostra produzida com Expandex® 160003 (EX) foi a que apresentou melhor avaliação sabor bom. A textura e a aparência do produto também foram apreciadas. Essa amostra apresentou características semelhantes a amostra elaborada com polvilho azedo.

5.10.3 Avaliação sensorial dos pães de queijo elaborados com *okara*

a) Teste de aceitabilidade

Os resultados do teste de aceitabilidade para as amostras contendo 5, 10 e 15% de *okara* estão demonstrados na Figura 37. Para a amostra com 5% de *okara* observa-se que 8% dos provadores atribuíram nota 9, 37% dos provadores concederam nota 8, 14% deram nota 7, 13% optaram pela nota 6 e, em menor proporção, aparece a nota 5 que atingiu 4%. A média geral das notas foi de aproximadamente 6,92. Assim, pela observação de tais resultados pode-se verificar uma boa aceitação para a amostra com 5% de *okara*.

Observa-se que para a amostra com 10% de *okara*, 14% dos provadores conferiram nota 9, 32% deram nota 8, 17% optaram pelo valor 7, e em menor proporção aparecem as notas 6 e 5, que atingiram 10 e 2%, respectivamente. A média geral das notas da amostra foi de 7,04. Assim, pela observação de tais resultados verifica-se uma boa aceitação para a amostra com 10% de *okara*.

Para os pães de queijo elaborados com 15% de *okara* verifica-se que 12% dos provadores conferiram nota 9, 27% optaram pela nota 8, 18% atribuíram a nota 7, 13% deram a nota 6, e em menor proporção apareceu a nota 5, que atingiu 6%. Estes dados aparecem na Figura 36. A média final para esta amostra foi de 6,95.

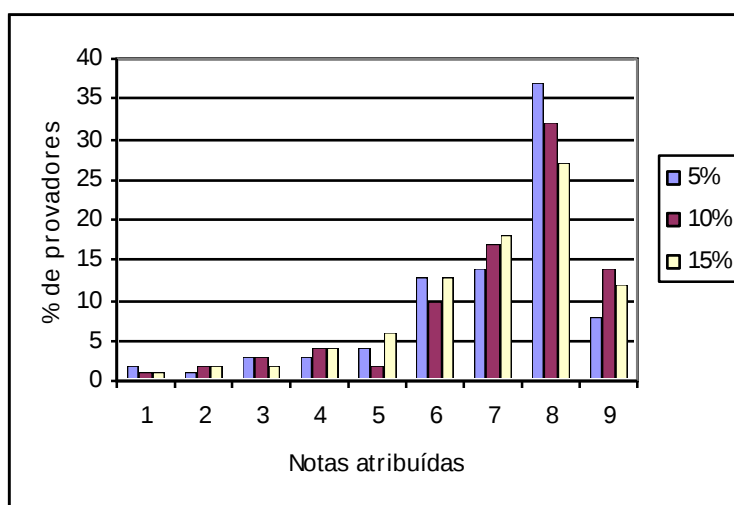


Figura 37 -Teste de aceitabilidade das amostras contendo 5, 10 e 15% de *okara*.

Por meio das observações dos resultados da análise sensorial de aceitabilidade e as médias obtidas pode-se constatar que todos os pães de queijo elaborados com *okara* foram aceitos. A análise de variância (ANOVA) das amostras com 5,10 e 15%, que consta na Tabela 31, mostra que não existe diferença significativa entre as amostras, pois o valor de F encontrado foi de 0,13, sendo este inferior ao valor tabelado de 3,05.

Tabela 31 - Quadro de análise de variância das amostras de pães de queijo elaborados com 5, 10 e 15% de *okara*.

Fonte da variação	SQ	GL	QM	F	valor-P	F crítico
Amostras	0,619608	2	0,309804	0,132983	0,875572	3,049792
Provadores	437,749	84	5,211298			
Erro	391,3804	168	2,329645			
Total	829,749	254				

b) Características dos provadores de pão de queijo com *okara*

As características dos provadores das amostras estão ilustradas na Figura 38. Constatou-se que dos 85 provadores, 32% eram mulheres e 14% homens até 20 anos, 22% mulheres e 19% homens de 20 a 35 anos, 6% mulheres e 5% homens de 35 a 50 anos, e o restante, 2%, corresponde a homens com mais de 50 anos. Destes, 72% tem o hábito de consumir pão de queijo até cinco vezes ao mês (Figura 39).

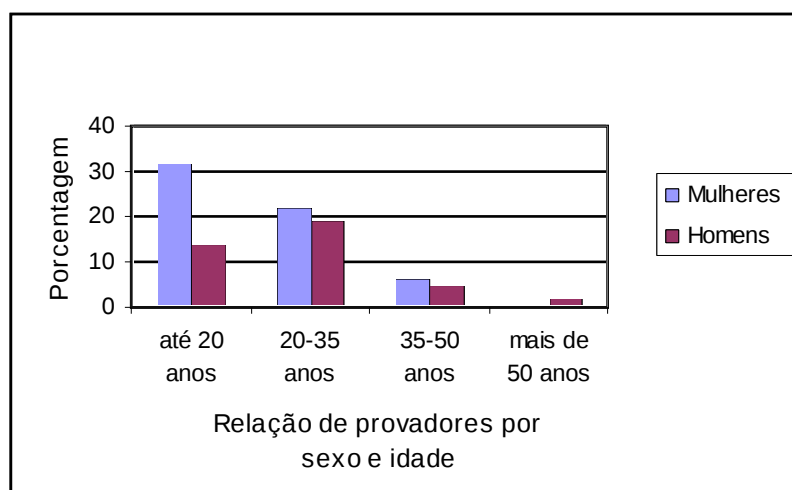


Figura 38 - Relação de provadores de pães de queijo elaborados com *okara* por sexo e idade.

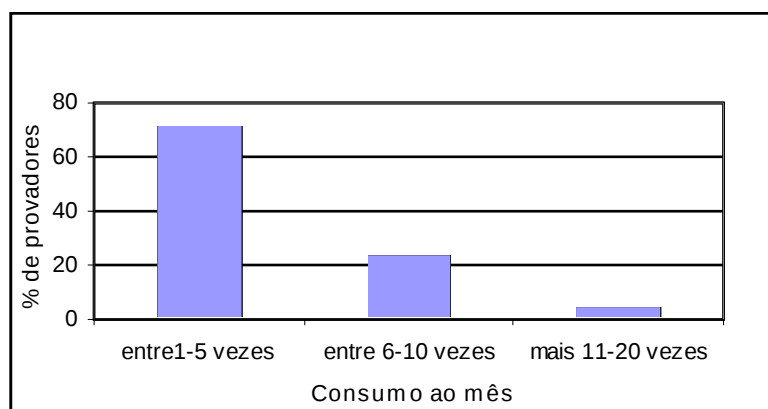


Figura 39 - Consumo mensal dos provadores de pão de queijo.

c) Comentários dos provadores sobre o pão de queijo com *okara*

Dos 85 provadores apenas 22 relataram comentários sobre as amostras. Destes, foram oito aspectos positivos e 14 negativos, conforme Tabela 32. Os aspectos positivos referem-se ao bom sabor, boa textura, e os aspectos negativos referem-se ao sabor ruim, pouco sal e textura ruim.

Tabela 32 - Comentários dos provadores de pães de queijo elaborados com *okara*.

Atributos	5%	10%	15%
sabor bom	2	1	1
textura boa	1	2	1
sabor ruim	-	1	-
faltou sal	2	3	5
textura ruim	1	2	-

d) Avaliação sensorial para verificação da intenção de compra dos pães elaborados com 15% de *okara*

A partir da análise de variância, verificou-se que as amostras não diferiram significativamente quanto à análise sensorial. Além disso, observando-se as medidas de volume das amostras pode-se admitir que o pão de queijo com 15% de *okara* teve um volume inferior, mas optou-se por considerá-lo nas análises em função de suas características nutricionais favoráveis. Foi realizado um teste para verificação da intenção de compra desta

amostra, o qual está ilustrado na Figura 40. A amostra teve como resultado mais expressivo o valor 5, ou seja, que 53% dos provadores certamente comprariam o produto.

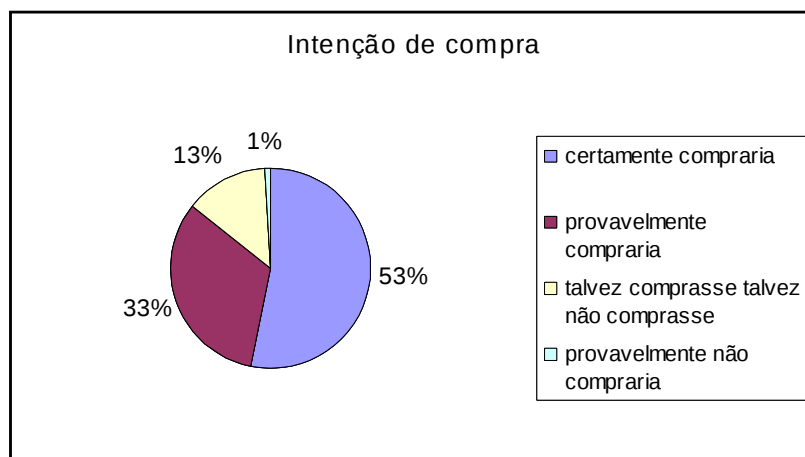


Figura 40 - Intenção de compra do pão de queijo elaborado com 15% de *okara*.

Dhingra e Jood (2001) afirmaram que pães de trigo suplementados com 15% de farinha de soja atingiram um bom grau de aceitação sensorial. Consideraram que a farinha obtida do resíduo *okara* tem teor de fibras superior a farinha de soja, e admitiram que sua aceitação sensorial foi mais difícil, e desta maneira concentrações inferiores a 15% foram as mais indicadas.

Gonçalves et al. (2004) elaboraram quatro formulações de biscoitos tipo *cookie* com adição de 10, 20 e 30% de farinha de soja e 6% de fibra de aveia. Após o teste de aceitabilidade concluíram que os *cookies* processados com 10 e 20% de farinha de soja foram melhor classificados com relação aos atributos aceitação geral, sabor, textura, dureza, cor e aparência, apesar de todas as formulações terem alcançado uma boa aceitação nos testes sensoriais afetivos.

Bowles (2005) aplicou 5, 10 e 15% do subproduto *okara* em pão do tipo francês e concluiu que as amostras contendo 5 e 10% não diferiram significativamente. Desta maneira realizou o teste de intenção de compra dos produtos panificados com 10% de *okara*, e do ponto de vista dos provadores a amostra testada foi aprovada. O autor destaca a qualidade

nutricional superior do produto obtido com a adição de 10% de *okara* em relação ao controle, sem qualquer adição do subproduto.

6 CONCLUSÕES

O levantamento elaborado a partir de visitas a estabelecimentos comerciais constatou que 9% das 91 amostras de produtos panificados considerados continham amido modificado em sua composição, revelando crescente interesse nesses produtos pela indústria.

Os resultados das análises físico-químicas de pré-misturas comerciais, polvilho doce, azedo e féculas modificadas demonstraram que as amostras não diferiram entre si no que se refere à análise de umidade, cinzas, proteína, lipídios e carboidratos totais. Entretanto existe diferença com relação ao pH, acidez e grau de expansão.

A fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio apresentou uma curva de viscosidade distinta das outras amostras, com pico de viscosidade mais baixo e maior instabilidade ao cozimento. Com relação à claridade de pasta foi observado que a fécula de mandioca modificada por oxidação com peróxido de hidrogênio apresenta maior porcentagem de transmitância.

As pastas de polvilho azedo liberaram mais água que as de polvilho doce, o que pode influenciar na maior utilização do polvilho doce na composição de massas de pães de queijo congeladas.

A fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio apresentou o maior valor de poder redutor devido ao processo de modificação. Esta fécula pode ser aplicada em produtos panificados pela sua propriedade de expandir, como o polvilho azedo.

A partir do teste de aceitabilidade entre as quatro amostras de pães de queijo (polvilho doce, polvilho azedo, fécula de mandioca modificada oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula de mandioca modificada comercial Expandex[®] 160003), e a realização da análise de variância dos dados, constatou-se que há diferença significativa em nível de 5 % entre as amostras. Por meio do Teste de Tukey, concluiu-se que as amostras contendo polvilho azedo, fécula de mandioca oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula de

mandioca comercial Expandex® 160003 obtiveram uma aceitação bastante próxima. Considerando-se os resultados da análise sensorial de aceitação, intenção de compra e avaliação da textura do pão de queijo, conclui-se que a fécula de mandioca oxidada com peróxido de hidrogênio pode ser utilizada nesse produto, pois foi a que obteve o melhor resultado entre as formulações.

Verificou-se, para as quatro amostras de biscoito de polvilho (polvilho doce, polvilho azedo, fécula de mandioca oxidada com peróxido de hidrogênio e fécula de mandioca comercial Expandex® 160003), uma aceitação bastante próxima para as formulações contendo polvilho azedo e fécula de mandioca comercial Expandex® 160003, visto que o produto elaborado com fécula de mandioca oxidada com peróxido de hidrogênio teve um grau de aceitação menor relacionado a aparência dos biscoitos. A partir dos resultados da análise de variância verificou-se que as amostras com polvilho azedo e Expandex® 160003 não diferiram significativamente. Os resultados da análise sensorial de aceitação, intenção de compra e avaliação da textura do biscoito de polvilho com fécula de mandioca oxidada com peróxido de hidrogênio, permitem concluir que a aceitação desse produto foi limitada. A formulação de biscoitos de polvilho com Expandex foi a de melhor resultado.

A composição centesimal média do *okara* revelou valores próximos daqueles encontrados na literatura. Com a adição do subproduto *okara* houve um aumento na concentração de lipídios, cinzas, proteínas e fibra alimentar nos pães de queijo. Assim, pode-se considerar que os produtos suplementados com *okara* em qualquer uma das concentrações usadas tiveram enriquecimento de fibras. A amostra com 5 % de *okara* apresentou maior expansão que aquelas com 10 e 15 %.

Os pães de queijo elaborados com 5, 10 e 15 % de *okara* não apresentaram diferença significativa em relação a análise sensorial de aceitabilidade. Observando-se as medidas de volume das amostras verificou-se que o pão de queijo com 15 % de *okara* teve um volume

inferior, entretanto optou-se por considerá-lo na análise sensorial em função de suas características nutricionais favoráveis.

REFERÊNCIAS

ABAM. Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. Disponível em: <<http://www.abam.com.br>>. Acesso em: 01 jul. 2005.

ALARCÓN, F.M.; DUFOUR, D. Almidón Agrio de Yuca en Colombia: producción y recomendaciones. Cali: Centro Internacional de Agricultura Comercial. 1998. 35p.

ALEXANDER, R.J. New starches for food applications. *Cereal Foods World*, v.41, n.10, p.796-799, 1996.

AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists. Washington: 1997.

AACC. American Association of Cereal Chemists. Approved methods of the American association of cereal chemists. 8 ed. Saint Paul: 1983. v.1-2.

ANDERSON, J. W.; JOHNSTONE, B. M.; COOK-NEWELL, M. E. Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids. *New England Journal of Medicine*, v.333, p.276–282, 1995.

ARIAS, L.V.B. Fécula de mandioca e polvilho azedo para fabricação de pão de queijo. In: Pizzinato, 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.

ASCHERI, D.P.R.; VILELA, E.R. Alterações do polvilho de mandioca pela fermentação, no fabrico de biscoitos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.30, n.2, p.269-279, fev.1995.

ATWELL, W.A.; HOOD, L.F.; LINEBACK, D.R.; VARRIANO-MARSTON, E.; ZOBEL, H.F. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. *Cereal Food World*, v.33, n.3, p.306-311, 1998.

BAUMER, J. Soja: produto rende mais que ativos financeiros. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/safra/2003/safra2003.pdf>>. Acesso em :16 abr. 2005.

BC CANCER AGENCY. Disponível em: <http://www.bccancer.bc.ca/PPI/UnconventionalTherapies/HydrogenPeroxide.htm>. Acesso em : 22 dez.2005.

BeMILLER, J.N. Starch modification: challenges and projects. *Starch/ Stärke*, v.49, n.4, p.127-131, 1997.

BERTOLINI, A.C.; MESTRES, C.; COLONNA, P. Rheological properties of acidified and UV-irradiated starches. *Starch/ Stärke*, v.52, p.340-344, 2000.

BOWLES, S. Utilização do subproduto da obtenção de extrato aquoso de soja – *okara* em pães do tipo francês, 2005, 82fls. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução n. 12 de Julho de 1978 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova as normas técnicas especiais do estado de São Paulo, revistas pelo CNNPA, relativas a alimentos e bebidas. *Diário Oficial da União*, Brasília, p. 23-24, 1978. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_amidos.htm. Acesso em: 20 junho 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução n. 175 de Julho de 2003 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova o regulamento técnico de avaliação de matérias macroscópicas e microscópicas prejudiciais à saúde humana em alimentos embalados. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2003. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/175_03rdc.htm. Acesso: 23 fev.2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução n. 263 de Setembro de 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*, Brasília, p. 368-369, 2005. Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18822&word=> . Acesso em: 17 fev.2006.

CAMARGO, C.; COLONNA, P.; BULEON, A.; RICHARD-MOLARD, D. Functional properties of sour cassava (*Manihot utilissima*) starch: polvilho azedo. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.45, n.3, p.273-289, 1988.

CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MANDARINO, J.M.G. Soja: Potencial de uso na dieta brasileira. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1998, 16p.

CÁRDENAS, O.S.; BUCKLE, T.S de. Sour cassava starch production: a preliminary study. *Journal of Food Science*, v.45, p.1509-1512, 1980.

CARDOSO, C.E.L. Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial da fécula de mandioca, 2003, 207 fls. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2003.

CARVALHO, E.P. de; CANHOS, V.P.; RIBEIRO, V.E.; CARVALHO, H.P. de. Polvilho azedo: aspectos físicos, químicos e microbiológicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.31, n.2, p.129-137, fev.1996.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. ESALQ/ USP. Departamento de Economia, Administração e Sociologia. Piracicaba/ SP.2005. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_Mandioca-fecula.pdf>. Acesso em: 10 set.2005.

CEREDA, M.P. Alguns aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. 1973, 89fls., Tese (Doutor em Ciências) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1973.

_____. Estudos físico-químicos e microbianos da esterilização e da fermentação da fécula da mandioca. 1981, 155fls. Tese (Concurso de Livre Docência Tecnologia dos Produtos Agropecuários) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu., 1981.

_____. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). I – Formulação e preparo de biscoitos. *Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.17, n.3, p.287-295, jul./ set. 1983.

_____. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. *Informe agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.145, p.63-68, jan. 1987.

_____. Amidos modificados. *Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.30, n.1, p.31-36, jan./ jun. 1996.

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. 2001. p.413-460, 2001.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v.4, 711p.

CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Characterization of *pinhão* starch. Part II. Rheological properties of the pastes. *Starch/ Stärke*, v.37, n. 12, p. 404-407, 1985.

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

CORN PRODUCTS. Fale com Corn Products. Mensagem recebida por: <krischina_aplevicz@yahoo.com.br> em: 16 jul. 2004.

CRAIG, S.A. S.; MANINGAT, C.C.; SEIB, P.A.; HOSENEY, R.C. Starch paste clarity. *Cereal Chemistry*, v.66, n.3, p.173-182, 1989.

DELLA TORRE, J.C.de M.; RODAS, M.A.de B.; BADOLATO, G.G.; TADINI, C.C. Perfil sensorial e aceitação de suco de laranja pasteurizado minimamente processado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23, n.2, p.105-111, maio/ ago. 2003.

DEMIATE, I.M. Desenvolvimento de fécula de mandioca autoexpansível. 1999, 149fls. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

DEMIATE, I.M.; BARANA, A.C.; CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Organic acid profile of commercial sour cassava starch. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.19, n.1, p.131-135, jan./abr. 1999.

DEMIATE, I.M.; CEREDA, M.P. Some physico-chemical characteristics of modified cassava starches presenting baking property. *Energia na Agricultura*, v.15, n.3, p.36-46, 2000.

DEMIATE, I.M.; DUPUY, N.; HUVENNE, J.P.; CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Relationship between baking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, n.42, p.149-158, 2000.

DEMIATE, I.M.; SANGER, S.A.; VOGLER, Z.; CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Características de qualidade de amostras de polvilho azedo produzido ou comercializado no Estado do Paraná. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v.40, n.2, p.321-330, jun. 1997(a).

DEMIATE, I.M. SOUZA, T.O. de.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G.; CEREDA, M.P. características de qualidade de polvilho azedo. Parte 3 – Rio Grande do Sul. Publicatio UEPG – Ciências Exatas e da Terra. v.4, n.1, p.97-112, 1998.

DEMIATE, I.M.; SOUZA, T.O.; PUGSLEY, S. Z.; CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Características de qualidade de amostras de polvilho azedo. Parte 2 – Estado de Santa Catarina. Agropecuária Catarinense, v.10, n.4, p. 51-56, dez. 1997(b).

DEMIATE, I.M.; WOSIACKI, G.; CEREDA, M.P.; MESTRES, C. Viscographic characteristics of chemically modified cassava starches assessed by RVA. Publicatio UEPG – Ciências Exatas e da Terra. v.11, n.1, p.7-17, 2005.

DIAS, A.R.G. Efeito de oxidantes, de ácidos orgânicos e da fração solúvel em água na propriedade de expansão do amido de mandioca fermentado. 2001, 183fls. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

DHINGRA, S.; JOOD, S. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. Food Chemistry, v.77, p.479-488, 2001.

DUTCOSKY, S.D. Análise Sensorial de Alimentos. 20 ed. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 1996, 123p.

EL-DASH, A.A. Fundamento da tecnologia de panificação. Tecnologia agroindustrial. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1986, 347p.

ELLIS, R.P.; COCHRANE, M.P.; DALE, M.F.B.; DUFFUS, C.M.; LYNN, A.; MORRISON, I.M.; PRENTICE, R.D.M.; SWANSTON, J.S.; TILLER, S.A. Starch production and industrial use. Journal of the Science of Food and Agriculture, v.77, n.3, jul, 1998.

ESCOUTO, L.F.S. Elaboração de pré-mistura de massa para pão sem glúten a partir de derivados energéticos de mandioca. 2004, 84 fls. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

FAOSTAT. Database Agricultural production. Crops Primary. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/form/collection=Production.Crops.Primary%Domain=Production%servlet=1&hasbulk=&version=ext&language=EN>>. Acesso em: 18 dez. 2004.

FARIA, E.V. de; YOTSUYANAGI, K. Técnicas de análise sensorial. Campinas: ITAL/LAFISE, 2002, 116p.

FLOOR, M.; SCHENK, M.K.; KIEBOOM, A.P.G.; VAN-BEKKUM, H. Oxidation of maltodextrins and starch by the system tungstate-hydrogen peroxide. *Starch/ Stärke*, v.41, n.8, p.303-309, 1989.

FOOD AND ENVIRONMENTAL HYGIENE DEPARTMENT. Disponível em: < http://www.fehd.gov.hk/safefood/report/h_peroxide/>. Acesso em: 22 dez.2005.

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, 2001, v.1, 224p.,

FUKUDA, C. Seminário "A Importância Social e Econômica da Mandioca para o Brasil". Brasília, 2001. Coordenação: Deputado Federal Aldo Rebelo. 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.

GENTA, H.D.; GENTA , M.L.; ALVAREZ, N.V.; SANTANA, M.S. Production and acceptance of a soy candy. *Journal of Food Engineering*, v. 53, p.199–202, 2002.

GOMES, A.M.M.; SILVA, C.E.M. da; RICARDO, N.M.P.S. Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo). *Carbohydrate Polymers*, v. 60, p. 1-6, 2005.

GONÇALVES, C.de F.;LIMA, D.O.; PASSOS, M.do C.; FREITAS, C.P.de; VASCONCELOS, A.C.de. Otimização de formulações de *cookies* com adição de farinha de soja e fibra alimentar por testes sensoriais afetivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004, Recife. Anais...Recife: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2004, n.606, 1 CD-ROM.

GONÇALVES, J.J. Aplicação de gordura vegetal em pão de queijo. In: Pizzinato, 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.43-57.

HALL, C. W. Drying farm crops. Westport: The Avi Publishing Company, 1971.

INSTITUTO. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3 ed. São Paulo: IAL, 1985, v.1, 533p.

INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE. Determination of reductive power in starch. Disponível em: <<http://home3.inet.tele.dk/starch/isi/methods/35reu.htm>>. Acesso em: 22 jul. 2001.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Arranjo produtivo da mandioca da Região de Paranavaí-Loanda no Estado do Paraná / Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Curitiba. p. 95, 2004. Disponível em: <<http://www.abam.com.br/APLMandioca.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2005.

JACKSON, C.J.; DINI,J.P.; LAVANDIER, C.; RUPASINGHE, H.P.V.; FAULKNER, H.; POYSA, V.; BUZZELL, D. GRANDIS, S. de. Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu. Process Biochemistry, v.37, p.1117-1123, 2001.

JESUS, C.C de. Contribuição para a caracterização físico-química e sensorial do pão de queijo. 1997, 102fls. Dissertação (Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

JESUS, C.C. de; PEREIRA, A.J.G.; LABOISSIÈRE, L.H.E.dos S. Efeito do forneamento na qualidade sensorial do pão de queijo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18, 2002, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002, p.3804-3807. 1 CD-ROM.

KECHICHIAN, V. Aromas para pão de queijo. In: Pizzinato, 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.83-86.

KIM, Y.S.; WIESENBORN,D.P.;ORR,P.H.;GRANT,L.A. Screening potato starch for novel properties using differential scanning calorimetry. *Journal Food Science*, v.60, n.5, p.1060-1065, 1995.

KONOO, S.; OGAWA, H.;MIZUNO, H.;ISO, N. The emulsificating ability of oxidized tapioca starches with sodium hypochlorite. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Tecnology*, v.43, n.8, p.880-886,1996.

LEME, L.L. Ovos pasteurizados, resfriados e desidratados e sua importância. In: Pizzinato, 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.29-41.

LEONEL, M.; JACKEY, S.; CEREDA, M. P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce – um estudo de caso. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, n. 3, p. 343-345, 1998.

LEONEL, M.; GARCIA, A.C.D.B.; REIS, M.M. caracterização físico-química e microscópica de amidos de batata-doce, biri, mandioca e taioba e propriedades de expansão após modificação fotoquímica. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.7, n.2, p.129-137, jul./ dez., 2004.

MA, C.Y.; LIU, W.S.; KWOK, K. C.; KWOK, F. Isolation and characterization of proteins from soymilk residue (*okara*). *Food Research International*, v.29, p. 799-805, 1997.

MAEDA, K.C. Proposta de classificação para o polvilho azedo. 1999, 95f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.

MAEDA, K.C.; CEREDA, M.P. Avaliação de duas metodologias de expansão ao forno de polvilho azedo. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.21, n.2, p. 139-143, maio/ago. 2001.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. Sensory evaluation techniques. New York: CRC Press, 1991, 354p.

MESTRES, C.; ROUAU, X. Influence of natural fermentation and drying conditions on the physicochemical characteristics of cassava starch. *Journal Science Food Agriculture*, v.74, p.147-155, 1997.

MESTRES, C.;ROUAU, X.;ZAKHIA, N.;BRABET, C. Physicochemical properties of cassava sour starch. In: DUFOUR, D.;O'BRIEN, G.M.; BEST, R. Cassava flour and starch: progress in research and development. Montpellier: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Cap.17, p.143-149, 1996.

MINIM, V.P.R.;MACHADO, P.T.;CANAVESI, E.;PIROZI, M.R. Perfil sensorial e aceitabilidade de diferentes formulações de pão de queijo. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.20, n.2, p.154-159, maio/ago. 2000.

NAKAMURA, I.M.; PARK,Y.K. Some physico-chemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo). *Die Starke*, v.27, n.9, jan. 1975.

NERY, F.C.;PEREIRA, J.;SILVA, W.A.da. Polvilho azedo e fécula de mandioca na fabricação de pão de queijo – parte II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18 ,2002, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002, p.3620-3623. 1 CD-ROM..

NUNES, O.L.G.da S. Efeito da radiação ultravioleta sobre as propriedades funcionais da fécula de mandioca tratada com ácido láctico. 1994, 88fls., Dissertação (Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

OLMEDO, L.E. Utilização de queijo em pó. In: Pizzinato, 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.63-81.

PAROVUORI, P.; HAMUNEN,A.;FORSSELL, P.;AUTIO, K.;POUTANEN, K. Oxidation of potato starch by hydrogen peroxide. *Starch/ Stärke*, v.43, p.19-23, 1995.

PEREIRA, A.J.G. Fatores que afetam a qualidade do pão de queijo. Belo Horizonte: CETEC, 1998.52p.

PEREIRA, J. Caracterização química, física, estrutural e sensorial do pão de queijo. 2001, 222 fls.Tese (Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

PEREIRA, J.; CIACCO, C.F.; VILELA, E.R.; PEREIRA, R.G.F.A. Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.24, n.4, p.494-500, out/dez. 2004.

PEREIRA, J.; CIACCO, C.F.; VILELA, E.R.; TEIXEIRA, A.L. de S. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.19, n.2, p.287-293, maio/ago. 1999.

PHILIPPI, S.T. *Nutrição e Técnica Dietética*. São Paulo: Manole, 2003, 390p.

PIZZINATO, A. Processo de fabricação de pão de queijo. In: Pizzinato, 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. 87-101.

PLATA OVIEDO, M.S.V. Secagem do amido fermentado de mandioca: modificação química relacionada com a propriedade de expansão e características físico-químicas. 1998. 114 fls. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), 1998.

RIVIERA, H.H.P. Fermentação de amido de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz): avaliação e caracterização do polvilho azedo. 1997. 131fls. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. *Química de alimentos*. São Paulo: Edgard Blücher. Instituto de Mauá de Tecnologia, 2004,183p.

SANTOS, D.S.; WOSIACKI, G.; DEMIATE, I.M. Gestão agro-industrial nas unidades de produção de polvilho azedo no Estado de Santa Catarina. *Publicatio UEPG – Ciências exatas e da terra*, v.3, n.1, p.61-71, 1997.

SCHOCH, T.J.;MAYWALD, E.C. Preparation and properties to various legume starches. *Cereal Chemistry*, v.45, n.6, p.564-573, 1968.

SHEN, H.; WANG, M.; NTAGENYERA, C.; MANIRAKIZA, C. Applying cassava sour food starch in bread making. *Zhongguo Liangyou Xuebao*, v. 3, n.6, p.19-20, 1998. Disponível em <<http://stneasy.cas.org/tmp/437-0399235608-200/514298937.htm>> Acesso em 25 abr. 1999.

SHIM, J.; MULVANEY, S.T. Effects of pregelatinization conditions and added whey protein isolate on corn starch dough properties. *Cereal Foods World*, v.47, n.9, p.440-446, nov./dez. 2002.

SILVA, C.E.M.da; FAÇANHA, S.H.F.; SILVA, M.das G.G.da.. Efeito do teor de água, amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de amido de mandioca obtido por fermentação natural. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.18, n.1, p.60-62, jan./abr.1998.

SILVA, M.E.M.P.; YONAMINE, G.H.; MITSUIKI, L. Desenvolvimento e avaliação de pão francês sem sal. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.6, n.2, p.229-236, jul/ dez, 2003.

SILVA, G.de O da; TAKIZAWA, F.F.; PEDROSO, R.A.; FRANCO, C.M.L; LEONEL, M.; SARMENTO, S.B.S; DEMIATE, I.M. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil (no prelo).

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

SMITH, R.J. Characterization and analysis of starch. In: Whistler, R.L.; Paschal, E.F. *Starch: chemistry and technology*. New York: Academic press, 1967, vol.2.

SOUZA, G.; VALLE, J.L.E.; MORENO, I. Efeitos dos componentes da soja e seus derivados na alimentação humana. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.34, n.2, p.61-69, jul./ dez. 2000.

SWINKELS, J.J.M. *Industrial starch chemistry: Properties, modifications and applications of starches*. Veendam: AVEBE, 1996, 48p.

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/publicacoes/proj_pot_regionais/sumario/amido.pdf>. Acesso em:13 abr.2005.

TAKIZAWA, F.F.; SILVA, G. de O. da; KONKEL, F.E.; DEMIATE, I.M. Characterization of tropical starches modified with potassium permanganate and lactic acid. *Brazilian Journal of Biology and Technology*, v.47, n.6, p.921-931, nov.2004.

TORNEPORT L.J.; SALOMONSSON,B.A.C.; THEANDER, O. Chemical characterization of bromide oxidized potato starch. *Starch/ Stärke*, v.42, n.11, p.413-417, 1990.

VALLE, J.L.E.do. Características de qualidade de queijos. In: Pizzinato, 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.59-61.

VATANASUCHART, N.; NAIVIKUL, O.; CHAROENREIN, S.; SRIROTH, K. Molecular properties of cassava starch modified with different UV irradiations to enhance baking expansion. *Carbohydrate Polymers*, v.61, p. 80-87, 2005.

VIEIRA, I.F.; E PEREIRA, A.J. Determinação da vida-de-prateleira de biscoitos de polvilho escaldado através de análise sensorial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18, 2002, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002, p.3212-3215. 1 CD-ROM.

VIEIRA, L.M et. al. Fatores que afetam a competitividade das farinheiras e polvilheiras na agricultura familiar catarinense. ICEPA/ SC. 87p. Set. 2002. Disponível em: <<http://www.icepa.com.br/Publicacoes/farinheira2002.pdf>>. Acesso em: 13 jun.2005.

VILELA, E.R.; FERREIRA, M.E. Tecnologia de produção e utilização do amido de mandioca. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.13, n.145, jan.1987.

VILPOUX, O. Fécula de mandioca no Brasil. Botucatu: Raízes Consultoria, 2003. 14p. (relatório final).

WALISZEWSKI, K. N.; PARDIO, V.; CARREON, E. Physicochemical and sensory properties of corn *tortillas* made from nixtamalized corn flour fortified with spent soymilk residue (*okara*). *Journal of Food Science*, v.67, n.8, p.3194-3197, out.2002.

WANG, H. L.; CAVINS, J. F. Yield and amino acid composition of fractions obtained during tofu production. *Cereal Chemistry*, v.66, p. 359-361, 1989.

WANG, S.W. Starches and starch derivatives in expanded snacks. *Cereal Foods World*, v.42, n.9, p.743-745, set. 1997.

WANG, Y.J. WHITE, P.; POLLAK, L. Physicochemical properties of starches from mutant genotypes of the Oh43 inbred line. *Cereal Chemistry*, v.7, n.2, p.199-203,1993.

WING, R.E. Oxidation of starch by thermochemical processing. *Starch/ Stärke*, v.46, n.11, p.414-418, 1994.

WOSIACKI, G; CEREDA, M. Valorização dos resíduos do processamento de mandioca. *Publicatio – Ciências Exatas e da Terra*, v.8, n.1, p.27-43, 2002.

WURZBURG, O.B. Modified starches: properties and uses. Boca Raton : CRC Press, 1986. 277p.

YAMAGUCHI, F.; OTA, Y.; HATANAKA, C. extraction and purification of pectic polysaccharides from soybean *okara* and enzymatic analysis of their structures. *Carbohydrates Polymers*, v.30, p.265-273, 1996.

YANG, H.; IRUDAYARAJ, J.; OTGONCHIMEG, S.; WALSH, M. Rheological study of starch and dairy ingredient-based food systems. *Food Chemistry*, n.86, p.571-578, 2004.

ZELAYA, M.P. Tecnologia y química de almidones nativos y modificados. In: Pizzinato, 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.15-28.

ZHU, Q.; SJOHOLM, R. ; NURMI, K.; BERTOFT, E. Structural characterization of oxidized potato starch. *Carbohydrate Research*, n. 309, 1998, p. 213-218.