

ALESSANDRO DE OLIVEIRA LIMAS

**DESENVOLVIMENTO DE FARINHA FERMENTADA
A PARTIR DA QUIRERA DE ARROZ**

**Florianópolis
2002**

ALESSANDRO DE OLIVEIRA LIMAS

**DESENVOLVIMENTO DE FARINHA FERMENTADA
A PARTIR DA QUIRERA DE ARROZ**

Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção ao título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. João Borges Laurindo

Co-orientadora: Prof^ª. Dra. Edna Regina Amante

**Florianópolis
2002**

COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ata da 10ª Sessão de Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina, sendo o candidato o Engenheiro Químico **Alessandro de Oliveira Limas**. A Banca Examinadora instituída pela Portaria nº 010/CPGEA/2002 é composta pelos seguintes membros:

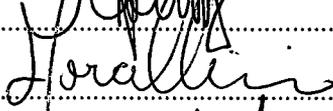
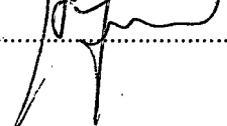
Prof. Dr. João Borges Laurindo, orientador (CPGEA-CTC-UFSC)
Prof. Dr. Fernando Forcellini (CPGEA/CTC/UFSC)
Profa. Dra. Edna Regina Amante, membro interno (CPGEA-CAL-UFSC)
Profa. Dra. Alicia de Francisco, membro externo (CAL/CCA/UFSC)

A sessão pública de defesa, realizada no dia 15/03/2002, às 13:30 horas tendo por local o Anfiteatro do EQA, foi aberta pelo Presidente da sessão, que após breves palavras, cumprimentando os presentes, apresentou a Banca Examinadora. Após uma breve explanação sobre a natureza do trabalho que tem como título "**Desenvolvimento de Farinha Fermentada a partir da Quirera de Arroz**", o mesmo passou a palavra ao Candidato para que este, em 50 minutos, apresentasse seu trabalho. O candidato foi então arguido pelos integrantes da Banca Examinadora. Finalmente foi dada a oportunidade aos presentes para apresentarem perguntas ao Candidato.

A Banca Examinadora, reunida em caráter sigiloso emitiu o seguinte parecer: **APROVADO**, recomendando a concessão de grau de **MESTRE EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS** na área de Concentração de **Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos** ao Engenheiro Químico **Alessandro de Oliveira Limas**, uma vez atendidos os requisitos solicitados pela Banca Examinadora e lavrados em folha própria, arquivada na pasta "Requisitos" na Secretaria do Curso. Nada mais havendo a tratar a sessão foi encerrada às: **16:30** horas, dela sendo lavrada a presente ata, que uma vez aprovada, é assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo Candidato.

Florianópolis, 15 de março de 2002.

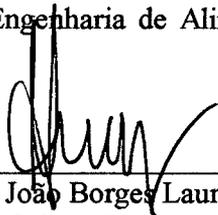
Assinaturas:

	(orientador)
	(membro interno)
	(membro interno)
	(membro externo)
	(candidato)

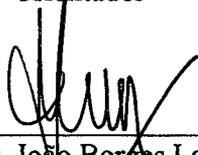
Desenvolvimento de Farinha Fermentada a partir da Quirera de Arroz

Alessandro de Oliveira Limas

Dissertação julgada para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Alimentos**, área de **Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos**, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.



Prof. Dr. João Borges Laurindo
Orientador



Prof. Dr. João Borges Laurindo
Coordenador do Curso de Pós-Graduação
em Engenharia de Alimentos

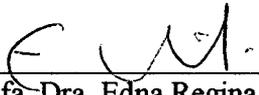
Banca Examinadora:



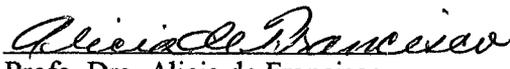
Prof. Dr. João Borges Laurindo



Prof. Dr. Fernando Forcellini



Profa. Dra. Edna Regina Amante



Profa. Dra. Alicia de Francisco

Florianópolis, 15 de março de 2002

DEDICATÓRIA

À minha família, aos meus pais, Luiz e Yara,
e à minha companheira, Milene.

AGRADECIMENTOS

À empresa Campeiro Produtos Alimentícios Indústria e Comércio Ltda., na pessoa do Sr. Argemiro Nunes, incentivador maior desta pesquisa, cujo apoio foi essencial para que se pudesse realizar o trabalho.

Ao Professor Doutor João Laurindo Borges, pelo apoio e orientação durante todo este trabalho.

À Professora Doutora Edna Regina Amante, pelos incentivos motivadores durante o caminho trilhado nesta pesquisa.

Ao colega Veli Nunes, da Empresa Arroz Campeiro, pelo apoio e experiência que auxiliaram nesta pesquisa.

Ao colega Marcelo Dias, da Empresa Arroz Campeiro, pelos incentivos durante o desenvolvimento deste trabalho .

Ao colega Fábio Larotonda, pelo apoio e parceria demonstrados durante todo o Curso.

Ao colega Professor Doutor Dile Pontarolo Stremel, UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina, pelo apoio e interesse dedicados a este trabalho.

À equipe do Laboratório de Propriedades Físicas da UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina.

À equipe do Laboratório de Engenharia Química da UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina.

À Sônia Magalhães, pelo apoio em uma das análises laboratoriais realizadas neste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Arroz.....	4
2.1.1 Cultivar EPAGRI 108	5
2.2 Industrialização e beneficiamento do arroz	5
2.2.1 Processo de beneficiamento para obtenção do arroz polido	6
2.2.2 Classificação dos grãos de arroz beneficiado.....	10
2.2.3 Produtos de arroz polido	10
2.2.4 Subprodutos do beneficiamento do arroz.....	11
2.3 Sistema agroindustrial do arroz.....	12
2.4 Aplicação usual do arroz polido.....	14
2.4.1 Alimento básico	14
2.4.2 Amido de arroz	16
2.4.3 Farinha de arroz.....	18
2.5 Modelo para o desenvolvimento do processo de obtenção do produto farinha de arroz fermentada – Estudo do polvilho azedo.....	19
2.5.1 Análise comparativa com o processo de obtenção do polvilho azedo	19
2.6 Desenvolvimento de produtos alimentícios e seus princípios.....	26
2.6.1 Considerações gerais	26
2.6.2 QFD (<i>Quality Function Deployment</i>).....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 Planejamento do produto	32
3.1.1 Requisitos de qualidade e de projeto do produto	34
3.1.2 Elaboração da Matriz da Qualidade.....	34
3.2 Acompanhamento do processo fermentativo	34
3.2.1 Procedência das amostras	35
3.2.2 Obtenção da suspensão granular da farinha de arroz polido	35

3.2.3 Processo fermentativo	36
3.3 Caracterização das farinhas fermentadas	37
3.3.1 Distribuição granulométrica	38
3.3.2 Composição centesimal.....	38
3.3.3 Propriedades viscoamilográficas.....	38
3.3.4 Absorção de água.....	39
3.3.5 Avaliação microbiológica	39
3.4 Teste de aceitabilidade das farinhas de arroz fermentadas	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 Valor do consumidor	42
4.2 Matriz da qualidade	43
4.3 Acompanhamento do processo fermentativo	45
4.4 Distribuição Granulométrica das farinhas de arroz fermentadas.....	49
4.5 Composição Centesimal	50
4.5.1 Proteínas	51
4.5.2 Carboidratos.....	51
4.5.3 Lipídios	52
4.5.4 Cinzas.....	52
4.6 Propriedades viscoamilográficas	52
4.7 Absorção de água	55
4.8 Avaliação microbiológica	56
4.9 Teste de aceitabilidade dos produtos	57
5 CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do grão de arroz.	4
Figura 2 – Fluxograma do processamento do arroz polido.	9
Figura 3 – Consumo <i>per capita</i> por ano dos principais países consumidores de arroz.	13
Figura 4 – Microscopia eletrônica da estrutura dos grânulos de amido de arroz.	17
Figura 5 – Fases do PDP alimentar.	28
Figura 6 – Requisitos de qualidade da farinha de arroz fermentada baseados no polvilho azedo.	32
Figura 7 – Requisitos de projeto da farinha de arroz fermentada baseados no polvilho azedo.	33
Figura 8 – Legenda para a elaboração da matriz de relacionamento.	33
Figura 9 – Etapas da obtenção da farinha fermentada de arroz.	37
Figura 10 – Matriz da Qualidade para a farinha de arroz fermentada.	44
Figura 11 - Variações do pH durante a fermentação para as amostras: FQA ₁ , FQPA e FQPD (a); FQA ₁ e FQA ₂ (b).	47
Figura 12 – Variações da acidez (%) durante a fermentação para as amostras: FQA ₁ , FQPA e FQPD (a); FQA ₁ e FQA ₂ (b).	47
Figura 13 – Variações do CO ₂ (% de gás carbônico) formado à temperatura de 37.C para as amostras FQA ₁ , FQPA e FQPD.	49
Figura 14 – Análise granulométrica das amostras de farinha de arroz fermentada obtidas (FQAI, FQA ₁ , FQPA e FQPD).	50
Figura 15 – Viscosidade Brabender das amostras de farinha de arroz: FQAI (a); FQA ₁ (b); FQPA (c).	54
Figura 16 – Diferenças dos valores de absorção de água entre as farinhas fermentadas, o polvilho azedo e o polvilho doce.	56
Figura 17 – Biscoitos elaborados com a farinha fermentada FQPA.	57
Figura 18 – Teste de aceitabilidade de pães e biscoitos elaborados com as amostras estudadas.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais características das cultivares EPAGRI 108 e EPAGRI 109.	5
Tabela 2 – Subprodutos obtidos do arroz polido e parboilizado.	12
Tabela 3 – Composição centesimal aproximada do arroz polido.	15
Tabela 4 – Comparação dos valores nutricionais entre o arroz polido e o arroz parboilizado – Composição aproximada em mg/100g.	15
Tabela 5 - Propriedades físico-químicas dos amidos comerciais.	17
Tabela 6 – Amostras utilizadas no acompanhamento do processo fermentativo.	36
Tabela 7 – Amostras utilizadas para caracterização das farinhas fermentadas.	37
Tabela 8 – Formulação dos biscoitos elaborados com as amostras de farinha de arroz fermentada comparadas com a formulação com o polvilho azedo.	40
Tabela 9 – Formulação dos pães elaborados com as amostras de farinha de arroz fermentada comparadas com a formulação com o polvilho azedo desenvolvida por Escouto & Cereda (2000).	40
Tabela 10 – Valor do consumidor para cada requisito de qualidade.	42
Tabela 11 – Dados experimentais obtidos para pH e acidez titulável durante os experimentos de fermentação.	45
Tabela 12 - Variações de CO ₂ (% de gás carbônico) durante o processo fermentativo das amostras de farinha de arroz FQA ₁ , FQPA e FQPD.	48
Tabela 13 - Distribuição granulométrica (%) da farinha de arroz <i>in natura</i> (FQAI) e das amostras de farinha de arroz fermentada (FQA ₁ , FQPA e FQPD) obtidas após processo fermentativo.	49
Tabela 14 - Composição centesimal da farinha de arroz <i>in natura</i> e das amostras de farinha de arroz fermentada.	51
Tabela 15 – Propriedades viscoamilográficas da farinha de arroz <i>in natura</i> e das amostras de farinha de arroz fermentada pelo processo fermentativo.	53
Tabela 16 - Absorção de água de amostras de polvilho azedo e doce comerciais, da farinha de arroz <i>in natura</i> e das amostras de farinha de arroz fermentada obtidas após processo fermentativo.	55
Tabela 17 - Resultados da análise microbiológica da farinha de arroz <i>in natura</i> (FQAI) e das amostras de farinha de arroz fermentada (FQA ₁ , FQPA e FQPD) obtidas após processo fermentativo.	56
Tabela 18 - Avaliação de aceitabilidade dos biscoitos e dos pães pelo consumidor.	57

RESUMO

O perfil atual do setor agroindustrial de arroz e dos consumidores representa a necessidade da indústria arroseira de melhoria da competitividade, através do desenvolvimento de produtos. A quirera de arroz (arroz quebrado) possui 8% de proteína, livre de glúten e 90% (base seca) de amido. Trata-se de um subproduto que representa até 20% da produção total de arroz polido, que tem valor médio de R\$ 0,18 por quilo. Por outro lado, o arroz, na forma de farinha, é utilizado em produtos como mingaus instantâneos, creme de arroz, rações para bovinos e suínos, cervejarias, veículo para condimentos e muitas outras aplicações. O objetivo do trabalho foi desenvolver a farinha fermentada a partir da quirera de arroz polido. Realizou-se o acompanhamento do processo fermentativo em escala laboratorial, sob diferentes tratamentos (temperatura controlada e não controlada): do pH, da acidez titulável e da produção de gás carbônico. O processo fermentativo utilizado foi semelhante ao aplicado na fabricação do polvilho azedo comercial. Foram realizadas as análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de farinha de quirera de arroz polido (FQA₁ e FQA₂) e das misturas de farinha de quirera de arroz polido e polvilho azedo a 5% e, de farinha de arroz polido e polvilho doce a 5% (FQPA e FQPD, respectivamente). As farinhas de arroz fermentadas obtidas foram utilizadas para a elaboração de biscoitos e pães. Para avaliar as farinhas fermentadas, efetuou-se um teste de aceitabilidade pelo consumidor destes produtos de panificação, comparativo com os produtos de polvilho azedo, em que foram avaliadas, em escala hedônica, as impressões que causaram. As opiniões foram convertidas em valores numéricos e analisadas. Essa avaliação indicou a possibilidade da utilização das farinhas desenvolvidas para a elaboração de biscoitos. A amostra que obteve os melhores resultados foi a FQPA, obtendo-se 8,10 como valor numérico. Conforme a aceitabilidade dos pães elaborados, a melhoria dos atributos de qualidade da farinha desenvolvida deve ser realizada. QFD (*Quality Function Deployment*), ferramenta utilizada para interpretação dos requisitos de qualidade (de natureza qualitativa) em requisitos de projeto (de natureza quantitativa), auxiliou na sistematização, análise e entendimento da tarefa de projeto referente ao planejamento do produto.

Palavras-chave: arroz - subproduto, farinha de arroz - fermentação, panificação, novos produtos, Desdobramento da função qualidade.

ABSTRACT

The present profile of the rice agroindustrial sector and the consumers represent the need of the rice industry for competitiveness improvement through product development. Broken rice has 8% gluten-free protein content and 90% starch (dry base). That is a by-product which represents up to 20% of the whole polished rice production, which is worth, in average, about R\$ 0.18 per Kilo. On the other hand, in the form of flour, rice is used in products as instant fudge, rice cream, feed for bovines and swine, breweries, medium for condiments and many other applications. This work aim to developing fermented flour from broken rice from polished rice. The fermenting process follow-up was undertaken in laboratory scale under different treatments: pH, title acidity and carbon gas production. The applied fermenting process is similar to that of sour cassava starch. Physical-chemical analyses of polished broken rice flour (FQA₁) were carried out, as well as analyses of polished broken rice flour and sour cassava starch mixture at 5%, and polished rice flour and cassava starch at 5% (FQPA and FPQD, respectively). The fermented rice flour produced was used for the making of cookies and bread. In order to evaluate the fermented flour, an acceptability test with the consumers of those bakery products, in comparison to sour cassava starch products, in which the impressions caused were evaluated in a hedonic scale. The opinions were converted into numeric values and analyzed. This evaluation indicated the possibility of the use of that flour for the making of cookies. The sample that achieved the best results was the FQPA, which got an 8.10 as a numeric value. According to the acceptability of the bread, improvement of the quality attributes of the flour developed must be made. QFD (Quality Function Deployment) tool which interprets the consumer's needs (of quality nature) on design targets (of quantitative nature) helped in the systematization, analysis and understanding of the project task concerning the product planning.

Keywords: rice by-product, rice flour, fermentation, bakery products, new products, Quality function deployment.

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é considerado uma das principais culturas agrícolas da humanidade, tendo volume de produção inferior, apenas, ao trigo. Por ser um produto agrícola de alto valor agregado, o arroz é predominantemente utilizado para alimentação humana (MATZ, 1991). No Brasil, o consumo de arroz *per capita* é nominalmente 47 kg por habitante/ano, o que é considerado alto se comparado a outros países do Mercosul (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA, 2002).

A quirera de arroz branco (polido) ou fragmento de arroz (arroz quebrado) possui 8% de proteína, não contém glúten e possui alto teor de amido. Sob a forma de farinha, é utilizada em produtos como mingaus instantâneos, creme de arroz, rações para bovinos e suínos, cervejarias, veículo para condimentos e muitas outras aplicações (MATZ; DELRUE & CHAMBERLIM; LAUREYS; 1991, 1999).

Por ainda ser um setor pouco desenvolvido tecnologicamente, a indústria de beneficiamento de arroz polido produz cerca de 31%, em média, de subprodutos de baixo valor comercial. Estes, devido às suas características, possuem grande potencial de aplicação, tanto para desenvolvimento de novos produtos alimentícios, quanto para outras áreas, como por exemplo, a área farmacêutica (MOUNSEY & O'RIORDAN, 2001).

O cenário político-econômico atual e a mudança no comportamento dos consumidores, tanto individual quanto empresarial, se refletem sobre a indústria de beneficiamento de arroz. Para melhorar a qualidade e competitividade de seus produtos, sugere-se o desenvolvimento de produtos de forma mais rápida e eficiente para garantir a satisfação dos consumidores e obter outras vantagens competitivas importantes para o setor (MIZUTA & TOLEDO; CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA; 1999, 2002).

Antes de planejar um novo produto que será desenvolvido, deve-se fazer o seguinte questionamento: o que é um novo produto? Novas embalagens e/ou novos tamanhos em um produto que existe no mercado há bastante tempo, pode ser justificado e, inicialmente, ser classificado como novo produto. Um produto antigo que atinge um novo nicho de mercado pode ser considerado, também, um novo produto (FULLER, 1994).

Inúmeras modificações no produto podem resultar em novidades para o mercado. Mas, esse novo produto deve ser desenvolvido de forma coerente com o planejamento para a sua produção, distribuição, venda, utilização e descarte. O ciclo de vida do produto inicia com o seu planejamento e termina com o seu descarte ou retirada do mercado (FULLER; BAXTER; 1994, 2000). Todo esse planejamento é baseado na necessidade do consumidor. Essa necessidade pode ser despertada, atendendo a necessidade das empresas que é de melhorar a competitividade (SARANTOPOULOS et al., 1999).

A ferramenta QFD (*Quality Function Deployment*) ou Desdobramento da Função Qualidade, como é conhecido no Brasil, será utilizada neste trabalho com o objetivo de auxiliar na sistematização e entendimento da tarefa de projeto referente ao planejamento do produto. O QFD pode ser entendido como um mapa conceitual que permite um planejamento interfuncional e comunicativo entre os setores responsáveis pelo desenvolvimento do produto em todas as suas etapas (POLIGNANO et al., 1999). Essa ferramenta auxilia na tradução das necessidades dos consumidores (de natureza qualitativa) em metas de projeto (de natureza quantitativa) (SARANTOPOULOS et al., 1999).

Com o alto preço do trigo no mercado brasileiro, em torno de R\$ 0,35 por kg (cotação de fevereiro de 2002), pensou-se em utilizar a quirera de arroz polido, que possui valor de R\$ 0,18 por kg (cotação de setembro de 2001), em produtos de panificação, agregando valor à quirera (ARROZ CAMPEIRO; CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA; 2000, 2002).

De outro lado, as proteínas formadoras do glúten do trigo são as principais responsáveis pela habilidade de formar uma massa viscoelástica, que retém o gás produzido durante a fermentação e nos primeiros estágios de cozimento do pão, dando origem a um produto leve (TREDUS et al., 2001).

Inicialmente, estudou-se a possibilidade de utilizar a farinha de quirera de arroz na fabricação de pão de queijo. Este produto de panificação é normalmente obtido por fécula de mandioca fermentada, conhecida como polvilho azedo. O processo de fermentação, neste caso, modifica enzimaticamente a fécula de mandioca, produzindo um produto com grande aceitabilidade para uso em panificação, principalmente na elaboração de pão-de-queijo e biscoitos (CEREDA et al., 1994).

A aplicação do processo fermentativo para produção de produtos derivados de arroz é muito utilizada nos países orientais, principalmente no Japão e na China. A produção de

bebidas fermentadas como o saquê, conhecida como vinho de arroz (*rice wine*), tradicional do Japão, é obtida da fermentação do arroz e água com uso do *koji*, uma cultura do fungo *Aspergillus oryzae*. Pratos tradicionais, pães e bolos a base de massa de farinha de arroz fermentada com *Saccharomyces cerevisiae* são comuns na Coreia e Indonésia (SEO et al.; TERAMOTO et al.; KATO et al.; SIEBENHANDL et al.; 1992, 1994, 2001).

Segundo Escouto & Cereda (2000), o polvilho azedo, por não possuir glúten, pode ser usado na fabricação de pães especiais para a dieta dos celíacos. A doença celíaca é uma intolerância permanente ao glúten, manifestada em crianças e adultos, e que agride e danifica as vilosidades do intestino delgado, prejudicando a absorção de alimentos. Essa doença pode levar o paciente a morte na ausência de um diagnóstico. Nos países europeus, a incidência da moléstia é de 1 para 300, enquanto no Brasil estima-se que acometa cerca de 0,03% da população do país, segundo a Associação dos Celíacos do Brasil (Acelbra) (ESCOUTO & CEREDA, 2000). Com isto, estudou-se a possibilidade de produzir a farinha de arroz fermentada para a elaboração de produtos de panificação livres de glúten, agregando valor à quirera de arroz polido.

O presente trabalho teve por objetivo desenvolver a farinha fermentada a partir da quirera de arroz polido, realizando uma fermentação semelhante à utilizada para obtenção do polvilho azedo. Este trabalho envolveu o acompanhamento do processo fermentativo em laboratório, do pH, da acidez titulável, da produção de gás carbônico e a realização das análises físico-química, microbiológica e de aceitabilidade de diferentes amostras de farinha de arroz fermentada. Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se a ferramenta QFD.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Arroz

O arroz (*Oryza sativa* L., família *Poaceae*), gramíneo semi-aquático de clima tropical e semitropical, é um dos principais cereais do mundo, tendo produção inferior apenas para o trigo. É cultivada há mais de 7.000 anos na Ásia. É o alimento de subsistência para mais da metade da população mundial (WEBERLING & SCHWANTES; MATZ; 1986, 1991). A China e a Índia são os maiores produtores, tendo colhido mais de 350 milhões de toneladas de arroz, no ano de 2000. O Brasil ocupou o décimo lugar em produção em 2000, estando entre os maiores produtores mundiais e o maior da América do Sul (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A., 2002).

A Figura 1 mostra a estrutura do grão de arroz, indicando, assim, a localização das partes internas e externas do grão.

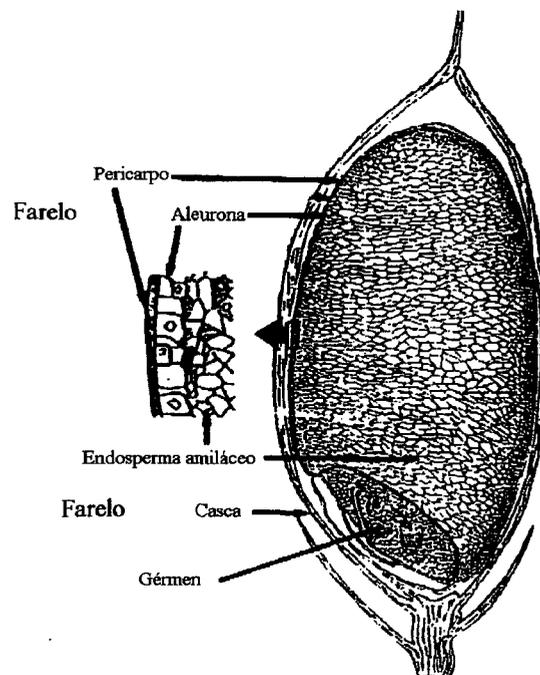


Figura 1 - Estrutura do grão de arroz.

Fonte: Matz, 1991.

2.1.1 Cultivar EPAGRI 108

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI) é a instituição que desenvolve as variedades de arroz irrigado recomendadas em Santa Catarina. A cultivar EPAGRI 108 é uma das mais indicadas para a região sul, devido a maior produtividade média por hectare e adaptação climática à região (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A., 1998). As características dessa cultivar são as mesmas da EPAGRI 109, variedade também recomendada em Santa Catarina (Tabela 1).

Tabela 1 - Principais características das cultivares EPAGRI 108 e EPAGRI 109.

Cultivar	Estatura	Perfilhamento ⁽¹⁾	Acamamento ⁽²⁾	Brusone ⁽³⁾ panícula	Toxidez por ferro
EPAGRI 108	Baixa	Alto	Resistente	Resistente	Resistente
EPAGRI 109	Baixa	Alto	Resistente	Resistente	Resistente

(1) Fase de brotamentos que surge na raiz; (2) Alteração na forma pelo vento; (3) Doença do arroz causada por *Pyricularia oryzae*.

Fonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (Banco de Dados de Tecnologias, Serviços e Produtos), 2002.

2.2 Industrialização e beneficiamento do arroz

Na industrialização e beneficiamento do arroz, o arroz em casca é o produto fisiologicamente desenvolvido, maduro e em casca, depois de colhido. O arroz beneficiado é o produto maduro, que submetido a processo de beneficiamento, acha-se desprovido de sua casca. Esses produtos são classificados no subgrupo natural ou parboilizado para o arroz em casca e nos subtipos integral, parboilizado, parboilizado integral e polido (conhecido como branco) para o arroz beneficiado (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, 1989).

Segundo o Ministério da Agricultura, o arroz polido ou branco é o produto que, ao ser beneficiado, retira-se o germe, a camada externa e a maior parte da camada interna do tegumento, podendo ainda apresentar grãos com estrias longitudinais, visíveis a olho nu. O

arroz parboilizado é o produto, ao ser beneficiado, os grãos apresentam uma coloração amarelada, em decorrência do tratamento hidrotérmico (cozimento parcial do grão de arroz) (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, 1989).

2.2.1 Processo de beneficiamento para obtenção do arroz polido

O processo de beneficiamento do arroz polido, descrito a seguir, compreende as etapas utilizadas pela Empresa Arroz Campeiro, situada em Tubarão – SC.

Recepção

Na recepção, é realizada a pesagem da carga de arroz em casca contido no veículo transportador. Após a pesagem, coletam-se as amostras e realizam-se as análises rotineiras para identificação da qualidade da matéria-prima. Nesta etapa, o teor de umidade, impurezas (mato, sementes, pedras), percevejos, grãos verdes (grãos subdesenvolvidos), grãos danificados, grãos gessados e o rendimento pós-polimento (grãos inteiros e quebrados) são determinados. O grão gessado é o grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que apresentar coloração totalmente opaca e semelhante ao gesso (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, 1989).

Moega

Após a aprovação da amostra, a carga é descarregada na Moega (local de recepção após as análises rotineiras) e transportado até o tanque de preparação da carga destinada à operação de peneiramento.

Peneira I

Na primeira peneira, realiza-se a primeira separação de impurezas de maior tamanho denominada cizânia (subproduto de valor comercial composto por palha, capim, sementes e outros resíduos, sendo destinada à produção de ração animal).

Silo

Separando-se a cizânia, a carga é transportada até os silos de armazenagem. A armazenagem pode estender-se desde algumas horas até 12 meses. Durante esta etapa, realiza-se, a cada 15 dias, a determinação da umidade, pela qual o produto é controlado e mantido, por exaustão, em torno de 13 a 14%.

Peneira II

Na segunda separação por peneira é selecionado o restante da cizânia, sendo esta destinada para ração animal.

Descascador

No descascador é retirada a casca do arroz (palha) sendo utilizada como combustível para caldeira.

Separador

Nesta etapa, separam-se, primeiramente, os grãos descascados e em casca, sendo este último retornado ao processo. Os grãos descascados passam para a fase em que são separados os grãos vermelhos dos brancos. Segundo a EPAGRI, o grão vermelho ou arroz-vermelho, também conhecido por arroz-daninho, recebe essa denominação em função da coloração do pericarpo do grão, pertencem à mesma espécie do arroz cultivado para consumo. O arroz-vermelho é considerado planta daninha por causa da rejeição do consumidor pela cor do grão e não pelas qualidades nutritivas, que são semelhantes às do arroz cultivado. O excedente de arroz vermelho é destinado a ração animal (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A., 1998).

Brunidor

O brunidor é composto por quatro fases de polimento. Este processo é realizado desta forma para obtenção de um melhor polimento do grão, objetivando a classificação Tipo 1. O subproduto proveniente desta etapa denomina-se farelo. Este é composto pelas camadas externas do grão de arroz, ou seja, pericarpo ou testa, aleurona, e parte do endosperma. O farelo é normalmente usado como matéria-prima para a fabricação de ração animal e óleo vegetal (MATZ; JULIANO; SILVA; 1991, 1994, 2001).

Peneira III

Na peneira III, separa-se o grão quebrado e a quirera, sendo classificados como subproduto e destinados à produção de arroz de qualidade inferior. Conforme o Ministério da Agricultura, o grão quebrado é o pedaço de arroz descascado e polido que apresentar comprimento inferior a três quartas partes do comprimento mínimo da classe a que pertence, e que ficar retido em peneira de furos circulares de 1,6 milímetros de diâmetro, e a quirera é o fragmento de grão de arroz que vazar em peneira de furos circulares de 1,6 milímetros de diâmetro (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, 1989).

Triuer

O Triuer é o equipamento em que são retidos os grãos quebrados restantes, também destinados à produção de arroz de qualidade inferior e de ração animal.

Seleção Eletrônica

Na seleção eletrônica, os grãos são inspecionados por fotocélulas através de um sistema óptico-eletrônico. Nesta etapa, os grãos defeituosos são retirados. O selecionador eletrônico é programado a classificar o arroz conforme o teor de grãos inteiros, de acordo com os padrões exigidos pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (1989).

Lincergran

O Lincergran é o equipamento em que são retidos os grãos leves e as palhas restantes.

Silo

O produto classificado é transportado até o Silo Pulmão (local em que é retido por algum tempo).

Empacotamento

Nesta etapa, o produto é empacotado e destinado à comercialização. Neste caso, os produtos de arroz beneficiado polido selecionado são: polido tipo 1, polido abaixo do padrão e ração animal. Os subprodutos de arroz beneficiado polido comercializados são: farelo, quirera e cizânia.

Expedição

Na expedição, os produtos são armazenados à temperatura ambiente e disponibilizados para comercialização. A Figura 2 ilustra o fluxograma do processamento do arroz polido adotado pela Empresa Arroz Campeiro (2000).

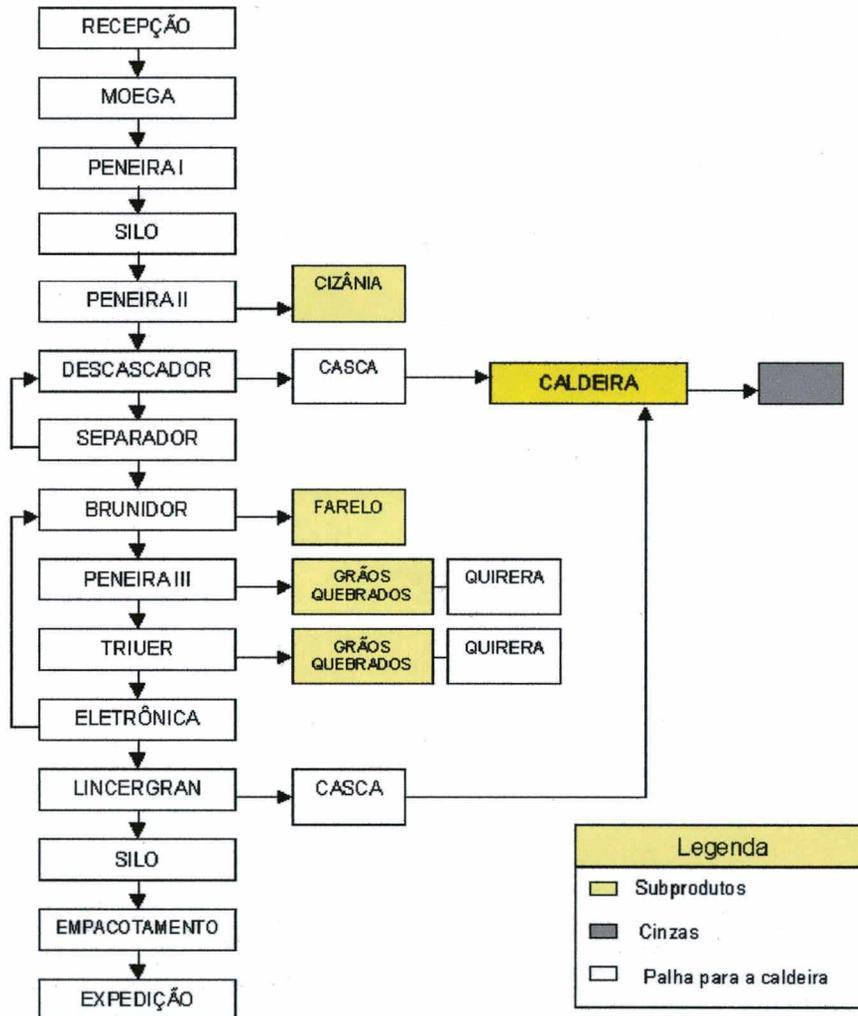


Figura 2 – Fluxograma do processamento do arroz polido.

Fonte: Arroz Campeiro, 2000.

2.2.2 Classificação dos grãos de arroz beneficiado

O arroz beneficiado é classificado de acordo com sua dimensão, em milímetros (mm), segundo as Normas de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Arroz do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (1989), em:

- a) longo fino: é o produto que contém, no mínimo, 80% do peso dos grãos inteiros, medindo 6 mm ou mais de comprimento, 1,85 mm no máximo de espessura e cuja relação comprimento/largura, seja superior a 2,75 mm, após o polimento dos grãos;
- b) longo: é o produto que contém, no mínimo, 80% do peso dos grãos inteiros, medindo 6 mm ou mais, no comprimento, após o polimento dos grãos;
- c) médio: é o produto que contém, no mínimo, 80% do peso dos grãos inteiros, medindo 5 mm a menos de 6 mm no comprimento, após o polimento dos grãos;
- d) curto: é o produto que contém, no mínimo, 80% do peso dos grãos inteiros, medindo 5 mm no comprimento após o polimento dos grãos e;
- e) misturado: é o produto que não se enquadra nas classificações anteriores e se apresenta constituído pela mistura de duas ou mais classes.

2.2.3 Produtos de arroz polido

Os produtos de arroz polido são classificados segundo as Normas de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Arroz do Ministério da Agricultura, de acordo com os tipos definidos pelo percentual de ocorrência de defeitos graves, de defeitos gerais agregados ou de grãos quebrados e quirera. O defeito grave e o defeito geral definem o tipo de produto, podendo ser do tipo 1 ou tipo 2. O defeito geral, quando considerado isoladamente, não define o tipo do produto, mas classifica como **abaixo do padrão** quando ultrapassado o limite máximo estabelecido para cada defeito geral (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, 1989).

O arroz beneficiado e os fragmentos de grãos de arroz que não atenderem às exigências, segundo as normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, para comercialização, serão desclassificados e terão suas comercializações proibidas para o

consumo humano e animal (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, 1989). Para isso, deverão apresentar:

- a) mau estado de conservação, incluindo os processos de fermentação e mofo;
- b) odor estranho;
- c) substâncias nocivas à saúde e;
- d) teor de micotoxina acima do limite estabelecido pelo Ministério da Saúde.

2.2.4 Subprodutos do beneficiamento do arroz

Todo subproduto é consequência do processo de produção e sua utilização não constitui o objetivo principal da indústria e sim um mero aproveitamento (LEITÃO, 1987). Segundo a Arroz Campeiro (2000), para o beneficiamento do arroz polido, os subprodutos mais comuns são:

- a) o farelo de arroz, que a maior parte é vendida como ração animal. Possui até 20% de óleo, podendo posteriormente ser retirado e reutilizado;
- b) o grão vermelho, que é retirado na seleção do arroz polido e utilizado para industrialização de arroz de baixa qualidade;
- c) a quirera, que ocorre durante todo o processo de beneficiamento e;
- d) a casca, que é reaproveitada nas fomalhas e caldeiras como combustível.

Com relação à quirera, a mesma é rica em amido e possui aproximadamente 8% de proteínas. Por isso, torna-se uma excelente fonte de matéria-prima para a alimentação, principalmente humana (MATZ, 1991).

A Tabela 2 mostra a produção média mensal, do ano de 2000, dos principais subprodutos de arroz polido e parboilizado e, seu valor comercial apresentada pela Empresa Arroz Campeiro (2000).

Tabela 2 – Subprodutos obtidos do arroz polido e parboilizado.

Tipo	Produção (kg/mês⁽¹⁾)	Preço (R\$/kg)	Total (R\$)	Total de Subprodutos (%)
Quirera de arroz polido	45.000	0,18	8.100,00	20,80
Farelo (polido e parboilizado)	90.000	0,16	14.400,00	41,61
Cizânia	17.300	0,10	1.730,00	8,0
Ração Animal ⁽²⁾	64.000	0,40	25.600,00	29,59
Total geral	216.300		49.830,00	100
Total de subprodutos obtidos do arroz polido (%)				31,00
Total de subprodutos obtidos do arroz parboilizado (%)				14,80

(1) Média Mensal; (2) Contém quirera de parboilizado e arroz vermelho.

Fonte: Arroz Campeiro, 2000.

Portanto, dos principais subprodutos, o farelo de arroz, polido e parboilizado juntos, conforme a Tabela 2, representa, em média, 41,61% do total de subprodutos produzidos pela Empresa Arroz Campeiro (2000). A ração animal, embora considerada produto pela empresa, é um mero aproveitamento dos subprodutos quirera de arroz parboilizado e arroz vermelho, representando 29,59%. A quirera de arroz polido representa 20,80%. O subproduto de menor quantidade produzido é a cizânia, representando 8%.

De acordo com a produção total de arroz polido, os subprodutos deste representam 31%, e de arroz parboilizado, os subprodutos representam 14,80%. Analisando o processo de produção de cada tipo de arroz, polido e parboilizado, verifica-se que o polido gera mais subprodutos do que o parboilizado. Isto ocorre devido ao efeito da pré-gelatinização do amido, causado pela parboilização, tornando os grãos de arroz mais duros e resistentes durante a moagem (JULIANO; ARROZ CAMPEIRO; 1994, 2000).

2.3 Sistema agroindustrial do arroz

No Brasil, o arroz é o cereal mais utilizado na dieta humana, independente da camada social. Este cereal é responsável por 12% das proteínas e 18% das calorias da dieta básica dos brasileiros (BRASIL, 2002). A lavoura orizícola tem grande importância econômica para o país, com um faturamento de R\$ 3,34 bilhões, representando 6,7% do valor bruto da produção agrícola nacional (R\$ 49,75 bilhões) em 2000. Apenas as culturas da soja, milho, café e cana-

de-açúcar têm valor bruto maior do que a do arroz (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA, 2002).

O sistema agroindustrial do arroz é motivado pelo setor de beneficiamento e empacotamento. A redução do número de beneficiadoras na Região Sul do Brasil é uma tendência do setor, surgindo a formação de concentrações de empresas. As fusões formando grandes beneficiadoras são os resultados destas concentrações (SISTEMA, 2001). O consumo *per capita* nacional de arroz beneficiado está estabilizado em 47 kg por ano. O alto preço do feijão influencia negativamente no consumo do arroz. A melhoria da distribuição de renda ocorrida nos últimos anos fez migrar o consumo de arroz para produtos mais nobres como massas e biscoitos (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA, 2002). A Figura 3 mostra o consumo *per capita* de arroz dos principais países consumidores.

País	kg/habitante/ano	País	kg/habitante/ano
1° Vietnã.....	223	8° China.....	109
2° Burma.....	203	13° Japão.....	74
3° Bangladesh.....	198	16° Brasil.....	47
4° Indonésia.....	178	23° EUA.....	14
5° Tailândia.....	169	28° União Euro.	6

Figura 3 – Consumo *per capita* por ano dos principais países consumidores de arroz.

Fonte: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2002.

O consumo do arroz parboilizado está crescendo lentamente, ocupando espaço do arroz polido por questões de poder nutricional. Mas, segundo o Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina (ICEPA), 50% dos consumidores das duas principais cidades do país (São Paulo e Rio de Janeiro) não conhecem o arroz parboilizado (INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA, 2000).

A capacidade de instalação do setor de beneficiamento de arroz, em Santa Catarina, é ociosa em 32% (média), sendo que 63% do arroz beneficiado no Estado é comercializado em outros Estados do país. Do arroz beneficiado no Estado, apenas 20% é consumido em Santa Catarina, sendo que os 80% restantes são comercializados nos demais Estados, concentrando-se, praticamente, no Paraná e Rio de Janeiro (SISTEMA, 2001).

As previsões de preços praticadas durante a época de entressafra são fundamentais para sinalizar as variações de custo da matéria-prima nesse período. Essa prática faz com que as empresas controlem seus estoques disponíveis para esse período, aumentando a competitividade (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA, 2002).

A cultura do arroz, no Brasil, é cultivada em dois ecossistemas, várzeas e terras altas. O de várzeas representou cerca de 40% da área total sob a cultura, de 3,5 milhões de hectares (ha), contribuindo com 60% da produção de 10 milhões de toneladas, na safra 98/99 (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA, 2002). De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2002), no ano de 2002 serão produzidos em média 5.542 quilos por hectare, em uma área de 961.232 hectares no Rio Grande do Sul. Com isso, o Estado habilita-se a colher 5.327.148 de toneladas, produção inferior apenas à da safra recorde de 1999 (de 5.630.077 toneladas).

O sistema de cultivo com irrigação controlada é predominante e ocupa cerca de 1 milhão de hectares na região subtropical (Rio Grande do Sul e Santa Catarina), apresentando rendimento médio ao redor de 5,5 tonelada por hectare. O sistema de produção convencional no Rio Grande do Sul é altamente mecanizado. O sistema de cultivo mínimo é uma alternativa consolidada nesse Estado, e visa a reduzir custos de produção e minimizar o problema do arroz vermelho, planta daninha de difícil controle no sistema convencional. O sistema pré-germinado é o predominante em Santa Catarina e vem ganhando relevância no Rio Grande do Sul, pelas mesmas razões do cultivo mínimo (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA, 2002).

2.4 Aplicação usual do arroz polido

2.4.1 Alimento básico

Os cereais constituem uma fonte valiosa de proteínas para a alimentação humana e animal. Existem, aproximadamente, dez espécies de cereais utilizados na alimentação humana, dentre eles o arroz. Este é uma fonte básica de calorias e proteínas na alimentação humana, além de contribuir no suprimento das necessidades de alguns minerais (MATZ, 1991).

Apesar da deficiência do teor de lisina, o arroz, entre os cereais, é o que apresenta o teor mais elevado deste aminoácido. A concentração de lipídios no arroz polido é de aproximadamente 0,38%, em base seca (MAIA et al., 2000). A composição centesimal do arroz polido obtida por Maia et al. (2000) é mostrada na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição centesimal aproximada do arroz polido.

Produto	Proteína (%)	Lipídios (%)	Cinzas (%)	Carboidratos (%)	Fibra Alimentar (%)
Arroz polido	9,74	0,38	0,75	87,47	1,66

Fonte: Maia et al., 2000.

Segundo a *World Health Organization* (WHO), são inúmeros os componentes nutricionais do arroz considerados fundamentais para a nutrição humana (MAIA et al., 2000). A Tabela 4 compara os valores nutricionais entre o arroz polido e o arroz parboilizado.

Tabela 4 – Comparação dos valores nutricionais entre o arroz polido e o arroz parboilizado – Composição aproximada em mg/100g.

NUTRIENTES	ARROZ PARBOILIZADO	ARROZ POLIDO
Riboflavina (vitamina B2)	0,045	0,030
Tiamicina (vitamina B1)	0,44	0,07
Niacina (vitamina PP)	3,5	1,6
Ferro	2,9	0,8
Fósforo	200	94
Potássio	150	92
Cálcio	60	24
Sódio	09	05

Fonte: Mounsey & O'riordan, 2001.

De acordo com perfis que avaliam os atributos sensoriais presentes no produto alimentício, a aparência, a cor, o aroma, o sabor e a textura são os atributos que julgam a qualidade sensorial do arroz cozido (KAIMOTO & FERREIRA, 2001).

2.4.2 Amido de arroz

O amido é um homopolissacarídeo que apresenta macromoléculas compostas de milhares de moléculas de açúcares. Usado por plantas como reserva de energia, o amido é consumido quando uma semente germina. Quanto à estrutura molecular, é formado por 2 frações poliméricas, a amilose e a amilopectina. A amilose é composta por unidades de glicose com ligações glicosídicas α -1,4. A amilopectina por unidades de glicose unidas em α -1,4 com cadeias de glicose ligadas em α -1,6 (WHISTLER & PASCHALL, 1984).

O amido do arroz está presente no endosperma do grão de arroz, denominado endosperma amiláceo. Neste estão presentes grandes quantidades de grânulos de amido, proteínas e pequenos teores de lipídios. Para o arroz polido, o endosperma amiláceo chega até 90% do peso do grão descascado (JULIANO, 1994).

As moléculas de amido ocorrem na forma de grânulos que tem, no arroz, a forma poligonal e composta. A estrutura molecular do amido consiste em α -D-glicose. O conteúdo de amilose (fração linear) pode variar de 7 a 33% do conteúdo do amido, dependendo da variedade. Quanto à viscosidade, o amido de arroz possui comportamento semelhante ao do amido de milho. (JULIANO; MOUNSEY & O'RIORDAN; XIAN & HAMAKER; 1994, 2001, 2002).

As funções dos produtos derivados de arroz na aplicação no processamento de alimentos dependem da variedade do arroz. Pequenas variações, devido à composição de amilose e de amilopectina, podem trazer implicações para o uso no processamento de alimentos (MOUNSEY & O'RIORDAN, 2001).

O amido de arroz contém baixas concentrações de lipídios. Grande parte deste material consiste em ácidos graxos, que não são extraídos por éter de petróleo, mas são dissolvidos em metanol (MATZ, 1991). O amido de arroz, comparado com o amido de milho, de batata e de trigo, é o que possui o maior potencial de substituir parcialmente a caseína em misturas que substituem o queijo em produtos industrializados (MOUNSEY & O'RIORDAN,

2001). A Figura 4 ilustra a microscopia eletrônica da estrutura dos grânulos de amido de arroz.

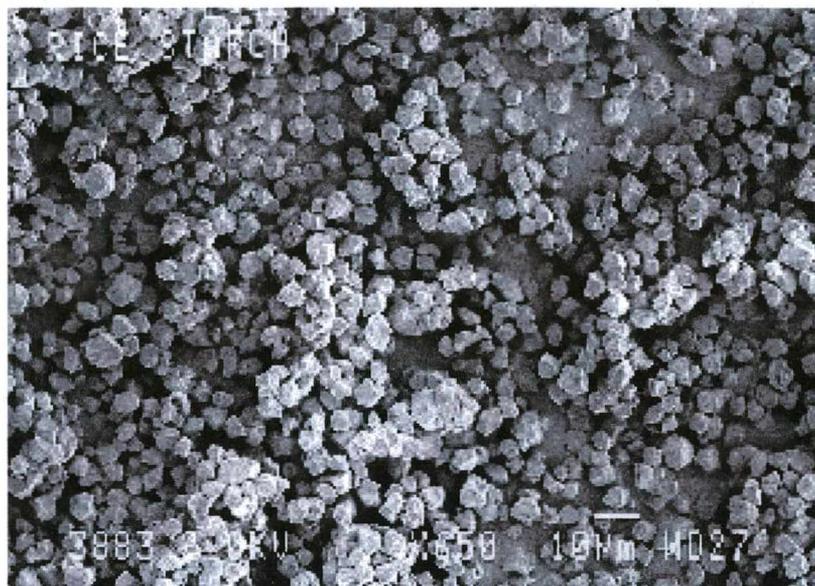


Figura 4 – Microscopia eletrônica da estrutura dos grânulos de amido de arroz.

Fonte: Remy Industries NV, 2001.

A Tabela 5 mostra as propriedades físico-químicas dos amidos existentes no mercado.

Tabela 5 - Propriedades físico-químicas dos amidos comerciais.

Propriedade	Amido de arroz	Amido de trigo	Amido de milho	Amido de mandioca	Amido de batata
Tamanho (µm)	3 – 8	3- 40	15 – 25	20 – 35	15 –100
Forma	Hexagonal	Oval	Hexagonal	Hexagonal	Oval
Cor	Muito branco	Branco acinzentado	Branco amarelado	Branco acinzentado	Branco
Gosto	Neutro	Sabor de cereal	Sabor de proteína	Sabor leve	Sabor de batata
Estrutura gel	Suave e cremoso	Firme	Firme	Adesivo	Adesivo
Temp. de gel. (°C)	+/- 80	+/- 80	+/- 76	+/-68	+/-67
Amilose (%)	18 – 21	25 – 26	25 – 26	16 – 17	22 – 23

Fonte: Remy Industries NV, 2001.

2.4.3 Farinha de arroz

Existe uma grande aplicabilidade da farinha de arroz como ingrediente alimentício. Seu principal valor está diretamente ligado com o amido, que é formado por grânulos muito pequenos, em torno de 3 a 10 μm na forma composta. As propriedades do amido de arroz dependem do tipo e da variedade, baseadas no seu conteúdo de amilose e amilopectina e essas propriedades afetam nas características de farinha de arroz. A farinha de arroz é normalmente obtida de grãos quebrados originados do beneficiamento de arroz. A crescente demanda por produtos sem glúten incentiva a produção da farinha de arroz como alternativa para os celíacos (MATZ, 1991).

O uso da farinha de arroz na produção de pães é limitado, por não produzir uma massa extensível. Na produção de biscoitos, o uso dessa farinha está crescendo, por produzir produtos de cor clara e boa textura, fatores que justificam sua aplicação (MATZ, 1992). A farinha de arroz pode ser usada na fabricação de *snacks* e em misturas para a farinha de rosca, substituindo o trigo. Testes realizados com a farinha de arroz produziram produtos com baixa absorção de gorduras durante a fritura (MUKPRASIRT et al., 2001). A pré-gelatinização do amido da farinha de arroz contribui para a redução significativa da absorção de gorduras (DAIGLE & SHIH, 1999). A farinha pré-gelatinizada de arroz é obtida do cozimento da farinha de arroz hidratada até a gelatinização parcial do amido da mesma. Mistura de farinha de arroz com outros cereais também é usada para a obtenção da farinha pré-gelatinizada (DELRUE & CHAMBERLIM, 1999).

O trigo é o cereal que tem a habilidade de formar uma massa viscoelástica que retém o gás produzido durante a fermentação e nos primeiros estágios de cozimento do pão, dando origem a um produto leve. As proteínas formadoras do glúten são as principais responsáveis por esta característica própria do trigo (TREDUS et al., 2001). As quantidades de gás produzidas durante a fermentação e a capacidade de retenção desse gás pela massa são fatores que determinam o volume do pão. Durante a fermentação, a perda de gás na massa de farinha de arroz é até 5 vezes superior à da massa de farinha de trigo, embora a produção inicial de gás possa ser semelhante. Durante o cozimento, as massas de farinha de milho, arroz e centeio perdem gás antes que suas estruturas sejam consolidadas pelo calor, apresentando como resultado finais pães com baixo volume (SAIYAVIT & SUJIN, 2001).

A extração de proteínas do arroz pode ser realizada a partir da farinha de arroz desengordurada. As temperaturas de desnaturação da albumina, globulina e glutelina (73,3; 78,9; 82,2°C) são diferentes. A prolamina não apresenta picos de desnaturação. A propriedade hidrófoba pode ser um parâmetro efetivo para analisar a desnaturação da proteína do arroz (SEUNG et al.; RATH et al.; 1999, 2001).

O aumento da formação do complexo amilose-lipídios é notado com o aumento do tempo de cozimento e do conteúdo de ácidos graxos (ácidos palmítico, esteárico e mirístico) da farinha de arroz. A adição de ácidos graxos, durante o cozimento da farinha de arroz, diminui a solubilidade da pasta de arroz com a água. A consistência dessa pasta aumenta com o uso do ácido mirístico, comparados com outros ácidos graxos (KULWINDER & NARPINDER, 2000). Estes influenciam na absorção de água de farinhas. Essa propriedade é importante para aplicações em pães, biscoitos e bolos, pois altos valores de absorção permitem a adição de mais água à massa, melhorando suas características de manuseio (MUKPRASIRT et al., 2001).

2.5 Modelo para o desenvolvimento do processo de obtenção do produto farinha de arroz fermentada – Estudo do polvilho azedo

2.5.1 Análise comparativa com o processo de obtenção do polvilho azedo

A farinha de arroz *in natura* possui baixa aceitabilidade comercial para a elaboração de produtos de panificação, por não produzir uma massa extensível. Por isso, seu uso na produção de pães é muito limitado. Na produção de biscoitos, a aplicação dessa farinha está crescendo por produzir produtos de cor clara e de boa textura, fatores importantes para a qualidade dos biscoitos (MATZ; SAIYAVIT & SUJIN; 1992, 2001).

Tredus et al. (2001) adicionaram **Glúten Vital de Trigo (75%)** (aditivo com concentração de 75% de glúten extraído do trigo e utilizado na correção de farinhas com deficiência em glúten) à farinha de arroz e avaliaram a massa obtida através do teste de panificação, comparada com a farinha de trigo. Os melhores resultados obtidos foram com a adição de 17,5% de **Glúten Vital de Trigo (75%)** na farinha, propiciando a obtenção de pães

com características aceitáveis, embora inferiores aos pães com a farinha de trigo. A possibilidade do uso da farinha de arroz na produção de pães aumenta o valor agregado desta matéria-prima considerada subproduto do beneficiamento, uma vez que os grãos quebrados têm pouca utilização industrial (MATZ; TREDUS et al.; 1991, 2001).

As atividades enzimáticas das farinhas de trigo, de aveia e de arroz foram analisadas por Tredus et al. (2001) e medidas pelo *Falling Number*, obtendo os valores de 329, 421 e maior do que 1000 segundos, respectivamente. O *Falling Number* é um equipamento padronizado para medir o tempo que leva um objeto para se deslocar, sob ação da gravidade, através de uma suspensão de farinha gelatinizada sendo liquefeita pela ação da alfa-amilase existente nesta amostra de farinha. O tempo será tanto maior quanto mais alta for a viscosidade da suspensão, ou seja, quanto menor for a quantidade de alfa-amilase. Portanto, quanto maior for o valor de *Falling Number* menor será a atividade da alfa-amilase na farinha e vice-versa (TREDUS et al., 2001).

A mistura da farinha de arroz com o de outros cereais, pode ser, também, uma outra alternativa de melhoria da qualidade dessa farinha. Saiyavit & Sujin (2001) analisaram a aceitabilidade para a panificação da farinha de trigo com até 30% de farinha de arroz, obtendo-se pães aceitáveis com bom volume e boa aparência.

Por não conter glúten, tem-se estudado a aplicação da farinha de arroz em produtos de panificação com o objetivo de atender à demanda especificada pelos celíacos, pessoas com hipersensibilidade ao glúten. Algumas gomas são usadas como substituto do glúten e os melhores resultados de panificação são obtidos com a goma xantana. Entretanto, existem outras formas para melhorar a qualidade do pão de arroz (UHLIK, 2001).

Dentre as alternativas estudadas para melhorar os atributos de qualidade da farinha de arroz, a aplicação da tecnologia empregada na produção do polvilho azedo foi testada. O polvilho azedo (fécula de mandioca fermentada) é um tipo de amido enzimaticamente modificado obtido a partir do polvilho doce (fécula de mandioca *in natura*) (CEREDA et al., 1995). O polvilho azedo possui características físico-químicas e funcionais diferentes do polvilho doce, devido ao efeito do processo fermentativo. O polvilho azedo oferece uma maior aceitabilidade do que o polvilho doce, dependendo do produto de panificação (ASQUIERI, 1990).

Estado da arte do processo produtivo do polvilho azedo

Apresenta-se a seguir uma revisão sobre o processo de obtenção de polvilho azedo de mandioca, pois um produto análogo, obtido a partir de quirera de arroz moído, foi estudado.

A fécula não fermentada de mandioca ou polvilho doce é o produto de uma fonte vegetal rica em carboidratos, após extração, lavagem, purificação e secagem. Quando este produto passa por um processo fermentativo, dependendo das condições como tempo de fermentação e temperatura, modificado pela ação de enzimas amilolíticas, ácidos orgânicos produzidos por microrganismos ou ação combinada de ambos, passa a ser chamado de fécula fermentada ou polvilho azedo (PEREIRA et al., 1999). O polvilho azedo é definido como um amido modificado que se obtém da fermentação natural da fécula de mandioca após um período de 30 a 40 dias seguido da secagem natural, ou seja, secagem ao sol (DEMIATE et al., 1999).

As raízes de mandioca, para a extração da fécula, devem ser processadas em prazo máximo de 24 horas da colheita. Estas raízes são lavadas, descascadas, raladas e submetidas à extração, onde se separa o bagaço (massa) que contém as fibras e o leite da fécula, onde os grãos de amido estão em suspensão. Aplica-se, então, o processo de purificação da fécula (CEREDA et al.; SILVEIRA et al.; 1995, 2000). A fécula purificada é transferida para tanques de fermentação que podem ser fechados ou não. A fécula deve permanecer em tanques de fermentação, sob uma camada de água, que no início chega a 20 cm e vai secando a medida que o tempo passa, completando a fermentação em um tempo variável de 3 a 20 dias, não sendo necessário a troca do líquido sobrenadante (CEREDA et al., 1995).

Muitos produtores não usam inóculo para garantir ou apressar a fermentação, entretanto é certo que o material que fica nos tanques pode dar início ao processo fermentativo. A fermentação sempre apresenta sinais visíveis após poucos dias, com formação de bolhas e espuma na superfície, o que para alguns autores caracteriza o final do processo fermentativo. Bolhas de gás aparecem também na massa de polvilho depositado, podendo ser observadas em um recipiente de vidro. A fermentação caracteriza-se pelo abaixamento do pH, com produção constante de ácidos orgânicos e compostos aromáticos (ASCHERI; CEREDA et al.; 1992, 1995).

O final do processo fermentativo não é fácil de ser verificado. A formação de bolhas na superfície não marca o final da produção de ácidos, que ocorre até 2/3 do tempo total de fermentação. Alguns produtores têm seus próprios critérios avaliando a superfície da massa

em fermentação no tanque ou mesmo na boca. O valor do pH na massa de polvilho em fermentação cai a valores entre 3,0 a 3,5, chegando a 2,5, inibindo o processo fermentativo. A massa fermentada tem características diferentes da fécula doce, de insípida passa a apresentar aroma característico e sabor ácido. Muda também a consistência do polvilho, tornando-o macio e friável (ASCHERI; CEREDA et al.; 1992, 1995).

Após a fermentação é realizada a drenagem da superfície dos tanques até que o polvilho fique com umidade ao redor de 30-50%, com consistência de uma massa com aspecto de queijo. O polvilho fermentado é retirado dos tanques por meio de pás e espalhado para secar. A operação tem início ao amanhecer para que a secagem se processe no mesmo dia, sendo sempre feita ao sol, pois se obtém um produto com melhor expansão que os secados artificialmente. No final da secagem o polvilho azedo apresenta a fina granulação que lhe é característica, logo após sendo embalado para comercialização, sem moagem, classificação ou controle de qualidade (CEREDA et al., 1995).

O polvilho azedo apresenta propriedades físicas, químicas e funcionais características e diferentes das do polvilho doce. Uma dessas características é a sua capacidade de expansão, quando misturado com outros ingredientes na produção de biscoito de polvilho, produto típico de algumas regiões do Brasil (ASQUIERI, 1990).

A fermentação natural confere à fécula de mandioca a capacidade de crescer durante a cocção, obtendo-se um produto com estrutura alveolar e crocante (SILVA & FAÇANHA, 1996). Por tal motivo, o polvilho azedo é usado no preparo de produtos panificáveis de aparência expandida, como o biscoito de polvilho e o pão de queijo (PLATA-OVIEDO, 1998). Esta propriedade de expansão é uma das características mais relevantes do produto, considerando que o biscoito é comercializado por volume e não por peso ou por unidade. A qualificação do poder de expansão constitui um parâmetro importante para avaliar a qualidade do polvilho (RIVERA, 1997).

O biscoito apresenta internamente uma camada 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. Esses resultados foram obtidos porque os grânulos da superfície apresentam-se íntegros e sem inchamento. Isso ocorre provavelmente durante o forneamento, quando os grânulos da superfície são desidratados e aqueles do interior são gelatinizados, provocando a expansão do biscoito (PEREIRA et al., 1999).

Acompanhamento do processo fermentativo da fécula de mandioca

Para analisar o processo fermentativo, normalmente utilizam-se técnicas de fermentação em escala laboratorial. O acompanhamento desse processo tem a finalidade de identificar as fases de fermentação, sendo realizado através de determinações de pH, acidez titulável, açúcares, ácidos orgânicos e enumeração, isolamento e identificação da microflora ocorrente (ASCHERI; CEREDA et al.; 1992, 1995). O polvilho doce seco contém microorganismos suficientes para serem usados como inóculo (devido, provavelmente, aos tanques de extração da fécula contaminados) (SILVEIRA et al., 2000).

Quanto aos ensaios de fermentação de ambiente aberto (aeróbio), houve uma queda de tensão de oxigênio no líquido sobrenadante da fermentação, proporcionando condições microaeróbicas (condições iniciais, ou seja, primeiros dias). Para os ensaios de fermentação de ambiente fechado, foram coletados os gases formados e, posteriormente, identificados e dosados. Conforme os resultados, a concentração inicial de O_2 foi equivalente ao da atmosfera, apresentando decréscimo acentuado entre o 1º e 3º, e elevando-se após o 3º dia, mantendo-se em equilíbrio com teor de oxigênio do ar pelo restante do período da fermentação. Com a fase final, caracterizada por maior expressão no teor de O_2 , iniciou a fase mais tumultuosa da fermentação da fécula, quando bolhas foram formadas no interior da massa de polvilho depositada e migraram para a superfície, formando uma camada fina (CEREDA et al., 1995). A primeira fase coincidiu com a queda brusca do valor de pH do líquido sobrenadante, estabilizando-se após o 2º ou 3º dia ao redor de $pH = 3,0$. Os valores de acidez titulável acusaram oscilações até o final do processo, embora o pH permanecesse estacionário. O valor final de $pH = 3,0$ provavelmente é limitante para esse processo fermentativo (ASCHERI; CEREDA et al.; 1992, 1995).

A presença de leveduras foi detectada caracterizando uma terceira fase de predomínio de microorganismos saprófitas e contaminantes, entre os quais surgiram leveduras de diversas espécies. Os microorganismos, além de consumir os ácidos orgânicos da superfície dos tanques, podem ser responsáveis pela formação de compostos aromáticos que, em conjunto com outros compostos orgânicos, serão os responsáveis pelas características do polvilho azedo comercial (CEREDA et al.; SILVEIRA et al.; 1995, 2000).

A presença de microorganismos da primeira fase poderia estar associada à rápida queda de concentração de O_2 dissolvido. Entre estes, surgiram os gêneros: *Escherichia*, *Alcaligenes*, *Micrococcus* e *Pseudomonas*, capazes de consumir oxigênio, produzir gases

(CO₂ e H₂) e ácidos orgânicos. Nesta fase, ainda, foi detectado *Bacillus* com predomínio de *B. subtilis*, cuja produção de enzimas amilolíticas é bastante conhecida. Ocorreu o início, provavelmente nesta fase, do ataque de enzimas aos grânulos de amido granular, propiciando uma fonte de carbono para o metabolismo dos agentes. O efeito dessas amilases foi notado no aspecto alterado da superfície dos grânulos de amido de mandioca, após a fermentação, com pontuações e rugosidades características. A identificação por cromatografia demonstrou que os açúcares produzidos vão sendo rapidamente consumidos e metabolizados principalmente na formação de ácidos orgânicos, em que predominam o acético, butírico e láctico (CEREDA et al., 1995).

Demiate et al. (1999) analisaram ácidos orgânicos em amostras de polvilho azedo comercial. A presença de ácidos orgânicos no polvilho azedo, além de contribuir com aspectos como sabor e aroma, tem correlação com a propriedade de expansão, que é um fator determinante no uso alimentício. Os ácidos quantificados foram o láctico (0,036 a 0,813 g/100g), o acético (0 a 0,068 g/100g), o propiônico (0 a 0,013 g/100g) e o butírico (0 a 0,057 g/100g), presentes na fermentação natural. Algumas amostras apresentaram concentrações elevadas de ácidos, especialmente do ácido láctico, mas nestas amostras os ácidos propiônico e butírico não foram detectados. A ausência do ácido butírico não foi esperada, uma vez que esse ácido está diretamente relacionado com o aroma característico do polvilho azedo. O fato pode sugerir que a obtenção de algumas das amostras estudadas pode ter ocorrido sem o processo fermentativo natural (DEMIATE et al., 1999).

A influência do teor de água, o efeito da pré-gelatinização do amido fermentado e a adição de amilose e de amilopectina no crescimento do biscoito de polvilho azedo foram avaliados por Silva et al. (1998). O tempo de formação do biscoito demonstrou ser dependente do teor de água presente na sua formulação. A gelatinização total do amido modificado por fermentação parece destruir completamente suas propriedades de expansão, pois não se constatou o crescimento do biscoito com uma formulação padrão contendo apenas amido totalmente gelatinizado. Biscoitos formulados com amilose ou amilopectina em substituição ao amido fermentado, apresentaram baixo grau de expansão quando comparados ao padrão (SILVA et al., 1998).

Quanto à formação de gases durante o processo fermentativo, no início deste a composição percentual dos gases foi próxima da composição do ar, não detectando hidrogênio. Na primeira fase de fermentação, houve um aumento gradativo no teor de hidrogênio e gás carbônico. O teor de argônio manteve-se constante. O teor de nitrogênio foi

reduzido. Entre o 2º e o 4º dia ocorreram produção intensa de gases com aumento de gás carbônico e consumo de nitrogênio e oxigênio (CEREDA et al., 1995).

O consumo de oxigênio propicia condições de desenvolvimento de microaerófilos, facultativos ou anaeróbios estritos, caracterizando os microorganismos da 2ª fase. Há predomínio de microorganismos mais exigentes, produtores de ácido e gás. São identificados, ainda, grupos responsáveis por fermentações butírica, láctica, acética, propiônica, entre outras ou concomitantemente (CEREDA et al., 1995).

A qualidade do pão-de-queijo tradicional é influenciada pelas características funcionais do polvilho azedo (PLATA-OVIEDO, 1998). Com isso, buscou-se utilizar a farinha de quirera de arroz fermentada, como alternativa de aproveitamento desta, na fabricação de pão de queijo. O processo de fermentação, para o polvilho azedo, modifica enzimaticamente a fécula (amido) de mandioca, produzindo um produto com grande aceitabilidade para uso em panificação, principalmente, na elaboração de pão-de-queijo e biscoitos (CEREDA et al., 1994).

Segundo Cereda et al. (1995), o acompanhamento da evolução dos parâmetros que controlam o processo fermentativo é uma forma de avaliar o mesmo. Partindo-se deste conceito, embora as origens do arroz e da fécula de mandioca são obviamente diferentes (cereal e raiz, respectivamente), o estudo do processo fermentativo farinha de arroz foi a alternativa aplicada para avaliar o processo de obtenção da farinha de arroz fermentada, comparando-o com estudos realizados para a fécula de mandioca.

Portanto, o acompanhamento do processo fermentativo para a obtenção do polvilho azedo demonstrou que existem várias fases de fermentação. Para Cereda et al. (1995), estas fases são importantes avaliar as condições de processo adequadas para obtenção de um produto de qualidade. Isto explica porque existem diferenças entre os produtos encontrados no mercado, quanto às características físico-químicas e microbiológicas (ASQUIERI, 1990).

2.6 Desenvolvimento de produtos alimentícios e seus princípios

2.6.1 Considerações gerais

Existem vários conceitos sobre um novo produto. Um produto antigo que atinge um novo nicho de mercado, exportação, por exemplo, pode ser considerado um novo produto. Inúmeras modificações no produto existente podem resultar em novidades para o mercado (FULLER, 1994).

Antes de detalhar o produto, deve-se ter certeza da sua funcionalidade. As etapas iniciais do processo de desenvolvimento de novos produtos são consideradas as mais importantes, no que se refere ao investimento para o lançamento do produto (BAXTER, 2000). Segundo Fuller (1994), os novos produtos alimentícios seguem a seguinte classificação:

- a) extensão de uma linha de produtos: representa uma variedade ou uma extensão de uma família de produtos. Exemplos: novos aromas de uma variedade de vinhos, novos aromas para um salgadinho tipo *chips*;
- b) reposicionamento de produtos existentes: novos usos de produtos existentes identificados a partir dos consumidores. Exemplos: mingaus desidratados destinados à alimentação infantil que foram redirecionados como alimentos funcionais por conterem nutrientes que reduzem o colesterol;
- c) novas formas de produtos existentes: modificações inseridas no produto. Exemplos: café solúvel, pratos semiprontos congelados;
- d) novas embalagens de produtos existentes: uso de novas tecnologias que exijam novas embalagens. Exemplo: o uso de atmosfera modificada e controlada permite criar novos produtos e prolongar a vida-de-prateleira de produtos existentes, possibilitando aumentar a área de distribuição e atingir novos mercados;
- e) produto criativo: é difícil de ser definido devido à complexidade que exige a criação de um produto. Geralmente, quanto mais criativo for o produto, maior será seu custo e seu risco, e o tempo de desenvolvimento poderá levar semanas, meses ou anos. Exemplo: uso do processo de extrusão para produzir novos produtos expandidos e;

f) inovação ou agregação de valor ao produto: o produto inovador é resultado de mudanças em um produto existente, sendo diferente de produto criativo. Considera-se uma forma de agregar valor ao produto ou subproduto. Dar ao produto uma melhor textura é uma maneira de agregar seu valor. Exemplo: vegetais congelados, molhos desidratados, novos ingredientes para desenvolvimento de produtos inovadores.

Conforme Mizuta & Toledo (1999), desenvolvimento de produto é o processo pelo qual uma organização transforma as informações de mercado em informações para a fabricação de um produto. Esse processo, para Baxter (2000), envolve a transformação de uma idéia sobre o produto em um conjunto de instruções para a sua fabricação. O PDP (Processo de Desenvolvimento de Produtos), dentro do cenário político e econômico caracterizado pela competitividade industrial, ocupa um papel estratégico na indústria (MIZUTA & TOLEDO, 1999).

O planejamento do produto significa uma atividade que precede e prepara o desenvolvimento de um produto específico. Este planejamento envolve a pesquisa de mercado, a análise dos concorrentes e a elaboração das especificações de projeto do produto (BAXTER, 2000). A empresa, para gerir o seu PDP, pode se organizar através do cumprimento de procedimentos que formam uma seqüência de fases de concepção do produto. A Figura 5 visualiza essa seqüência de fases do PDP alimentar (FULLER, 1994).

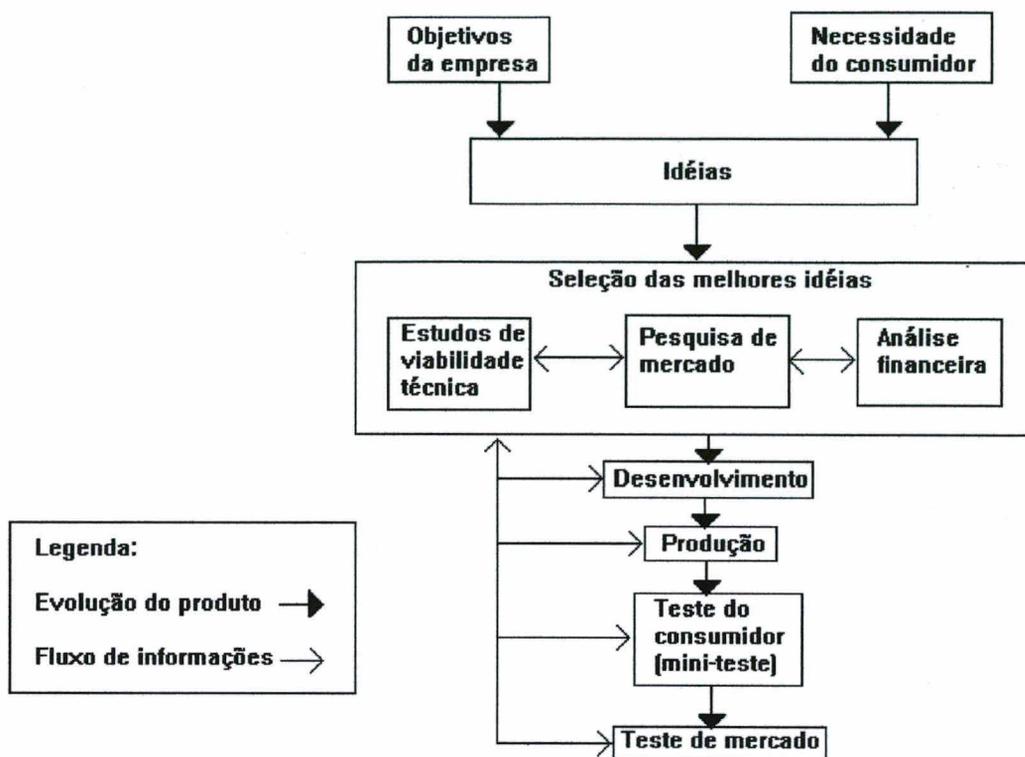


Figura 5 – Fases do PDP alimentar.

Fonte: Fuller, 1994.

A utilização de algumas ferramentas para o planejamento de produto é importante à tomada de decisões. A ferramenta Mapa de Percepção é uma representação gráfica do posicionamento de produtos com a finalidade de julgar e perceber um tipo de produto pelos consumidores. O Mapa de Preferência é uma classe de métodos alternativos que procuram superar as desvantagens dos métodos tradicionais de análise de dados sensoriais provenientes de consumidores. O Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment*) inicia a partir da fase de especificação de requisitos, na qual procura-se ouvir as necessidades dos clientes para traduzi-las em características técnicas do produto (POLIGNANO et al., 1999).

2.6.2 QFD (*Quality Function Deployment*)

O QFD (*Quality Function Deployment*) é o conjunto de procedimentos detalhados para garantir o conjunto da qualidade. Refere-se a um conjunto de procedimentos gerenciais e técnicos definidos objetivamente pelas áreas funcionais de uma organização com a finalidade de produzir ou formar a qualidade da empresa e do produto (desdobrada pelo desdobramento da qualidade) (AKAO, 2000).

O desdobramento da qualidade consiste em converter os requisitos de qualidade do produto em características de projeto do produto acabado (requisitos de projeto) e desdobrá-la, desde a qualidade de cada uma das peças funcionais, a qualidade de partes individuais, até os elementos das etapas, apresentando sistematicamente as relações entre eles (BOUCHEREAU & ROWLANDS, 1997).

Dentre as etapas do QFD, inclui-se a **Casa da Qualidade** ou **Matriz da Qualidade**. Trata-se de uma matriz (mapa conceitual) que auxilia a equipe de desenvolvimento do produto durante o processo de desenvolvimento, sistematizando as informações de planejamento do produto (OGLIARI et al., 1999).

A filosofia QFD foi concebida no Japão no final dos anos 60, aonde as indústrias japonesas encontravam-se quebradas numa Era Pós Segunda Guerra Mundial, modo que o desenvolvimento de produto era baseado em imitações e cópias de produtos existentes no mercado. Desta forma, essas indústrias foram coagidas a avançarem para o desenvolvimento de produto baseado na originalidade. Neste ambiente nasceu o QFD como um conceito para o desenvolvimento de novo produto, baseado no Controle de Qualidade Total para a fabricação de guarda-chuvas. Inicialmente foi denominado *An Approach to Total Quality Control*, que em português quer dizer **Uma Abordagem para o Controle de Qualidade Total**, e mais tarde redefinida como *Quality Function Deployment* (QFD) (AKAO, 2000).

A primeira aplicação do QFD como uma ferramenta estruturada foi executada pelo estaleiro japonês *Kobe* da empresa *Mitsubishi Heavy Industries Ltd* em 1972. O QFD foi introduzido nos Estados Unidos em 1983, através de um artigo da revista *Quality Progress* da *American Society for Quality Control*. A partir daí, as indústrias americanas buscaram a aplicação, objetivando a redução de custos nos processos de desenvolvimento de produtos (AKAO, 2000).

No início dos anos 90, a IBM americana utilizou o QFD para desenvolver e aperfeiçoar componentes utilizados na fabricação de seus produtos de tecnologia informática, obtendo grande sucesso (ADIANO & ROTH, 1994). A abertura de novos mercados e o constante aperfeiçoamento tecnológico dos processos produtivos, exigindo rapidez no lançamento de produtos, têm papéis importantes para as empresas manterem-se num mercado cada vez mais competitivo (DANILEVICZ & RIBEIRO, 1999). Com o objetivo de auxiliar na sistematização, análise e entendimento da tarefa de projeto, a Casa da Qualidade atende essas exigências, auxiliando nas concepções geradas para o produto e estabelecendo estratégias para a inovação dos mesmos (OGLIARI et al., 1999).

Os benefícios normalmente conseguidos com a aplicação do QFD são: melhoria da qualidade e confiabilidade, redução do ciclo de lançamento de novos produtos e redução dos custos de planejamento e produção (SARANTOPOULOS et al., 1999). Com a aplicação do QFD, as empresas estabelecem a qualidade planejada, obtendo-se uma diminuição significativa do tempo de desenvolvimento pela redução do número de mudanças de projeto e, ao mesmo tempo, reduzindo-se os custos decorrentes das mudanças de projeto em estágios avançados (BAXTER, 2000).

Quanto às desvantagens do QFD, as informações provenientes de consumidores a respeito do produto alimentício são obtidas a partir de pesquisas que envolvem degustações de um ou mais produtos. Os consumidores são requisitados a explicitarem desde a simples aceitação desses produtos até a classificação de atributos específicos dos mesmos, conforme a finalidade do teste sensorial. Com isso, surge a dificuldade de avaliar os atributos específicos através do entendimento do que é pedido para o consumidor e de traduzir o que eles realmente sentem (POLIGNANO et al., 1999).

No contexto do desenvolvimento de produtos alimentícios, a construção da Casa da Qualidade, segundo Polignano et al. (1999), segue os seguintes estágios:

- a) pesquisa do mercado alvo, coletando as informações dos consumidores, gerentes, testes de aceitabilidade, grupos focos;
- b) elaboração do protótipo, avaliando as alternativas para atender o mercado e realizando testes em escala piloto;
- c) especificação da qualidade planejada, coletando informações do mercado e avaliando os atributos dos produtos através de aceitabilidade do produto;

- d) estabelecimento da qualidade projetada, avaliando as características do produto projetado, através de análise sensorial, físico-químicas e microbiológicas;
- e) elaboração da Matriz da Qualidade, especificando o projeto do produto e;
- f) desdobramento em características de qualidade de produtos intermediários, matérias-primas e processos.

Para Baxter (2000), a etapa final do planejamento do novo produto é a elaboração do plano de desenvolvimento do projeto. Este é elaborado de acordo com as especificações do projeto, definindo os requisitos do novo produto. Se for constatado algum problema, durante a elaboração desse plano, que impeça o produto de alcançar seus objetivos, o projeto deve ser paralisado, evitando-se, assim, desperdícios de recursos.

Para Bech et al. (1997), a indústria de alimentos moderna procura enfrentar o desafio do desenvolvimento de produtos de acordo com as necessidades e desejos dos consumidores. A aplicação do QFD na área de alimentos é muito recente e é recomendado por Charteris (1993). A empresa brasileira Sadia S A, uma das maiores indústrias de alimentos processados dos países e a líder do setor frigorífico, decidiu importar tecnologia com o objetivo de entrar em um novo e competitivo mercado do setor de alimentos. O QFD, neste caso, foi efetivamente importante para a compreensão adequada das exigências dos consumidores, embora o processo produtivo ter sido definido previamente pelo fornecedor da tecnologia (SARANTOPOULOS et al., 1999).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Planejamento do produto

O objetivo do planejamento do produto foi definir as metas do novo produto a base de farinha de quirera de arroz polido. Listaram-se, desta forma, os requisitos de qualidade mais relevantes do produto, ou seja, os benefícios que este produto poderá oferecer aos consumidores (informações qualitativas) e os atributos técnicos (informações quantitativas) para atenderem estes benefícios. Esses requisitos foram baseados nos atributos técnicos de produtos elaborados com polvilho azedo, conforme os resultados obtidos por Cereda et al. (1995).

3.1.1 Requisitos de qualidade e de projeto do produto

A lista dos **requisitos de qualidade do produto** foi baseada na seguinte pergunta: o que os consumidores querem? Ou seja, o que os consumidores desejam do produto, baseado no polvilho azedo? Os requisitos de qualidade foram listados conforme as expectativas dos consumidores (usuários), quanto a produtos elaborados com o polvilho azedo. A Figura 6 ilustra os requisitos de qualidade.

Requisitos do usuário	
<i>Aspectos sensoriais</i>	<i>Sabor</i>
	<i>Aroma</i>
	<i>Textura</i>
	<i>Aparência</i>
<i>Aspectos Nutricionais</i>	<i>Fonte de proteínas</i>
	<i>Fonte de energia</i>
	<i>Fonte de vitaminas</i>
	<i>Sem Glúten</i>
<i>Aspecto comercial</i>	<i>Cor</i>

Figura 6 – Requisitos de qualidade da farinha de arroz fermentada baseados no polvilho azedo.

Após a definição desses requisitos, foram definidos os atributos técnicos ou **requisitos de projeto do produto**, baseando-se na seguinte pergunta: como se consegue satisfazer as necessidades dos consumidores. Esses requisitos devem corresponder às necessidades ou expectativas do consumidor. A Figura 7 ilustra os requisitos de projeto.

Requisitos de projeto	
<i>Granulometria</i>	% retido
<i>Absorção de água</i>	%
<i>Proteínas</i>	%
<i>Carboidratos</i>	%
<i>Cinzas</i>	%
<i>Viscosidade Brabender</i>	U. A.
<i>Glúten</i>	%
<i>Lipídios</i>	%

Figura 7 – Requisitos de projeto da farinha de arroz fermentada baseados no polvilho azedo.

A próxima etapa foi elaborar a matriz de relacionamento, que indica, de forma qualitativa, o quanto cada requisito de projeto afeta cada requisito de qualidade do produto. Esse relacionamento foi realizado através de símbolos, como mostra a Figura 8.

Req. do Usuário x Req. de Projeto	
●	○
5 - Forte	3 - Média 1 - Fraca
Req. de Projeto x Req. de Projeto	
3 - Fortemente positivo	+
1 - Positivo	+
-1 - Negativo	-
-3 - Fortemente negativo	-

Figura 8 – Legenda para a elaboração da matriz de relacionamento.

A etapa de priorização dos requisitos de qualidade foi realizada com base na correlação com o **valor do consumidor**, classificando estes requisitos com e sem a concorrência. Nesta etapa, foram realizadas 50 consultas com possíveis consumidores abordados aleatoriamente, em 2 supermercados, em Tubarão – SC, nos meses de maio e junho de 2001. O objetivo destas consultas foi de levantar a opinião de alguns consumidores, atribuindo valor a cada requisito de qualidade do produto, baseado nos produtos escolhidos como concorrentes (polvilho azedo e farinha de arroz *in natura*). Foram adotados valores entre 5 (máximo) e 1 (mínimo). Calculou-se a média dos valores de cada requisito para obtenção dos resultados. Estes foram definidos com a utilização dos mesmos valores e símbolos ilustrados na Figura 8.

3.1.2 Elaboração da Matriz da Qualidade

A Matriz da Qualidade foi elaborada com a finalidade de auxiliar no desenvolvimento da farinha de arroz fermentada destinada a produtos de panificação. Nesta etapa, as informações identificadas servirão como base para estudos mais detalhados sobre o desenvolvimento desse produto, formando as atividades preliminares de projeto do mesmo. As informações qualitativas e quantitativas foram definidas pela inter-relação dos requisitos de projeto do produto. Esta inter-relação identificou os graus de dependência entre esses requisitos, podendo ser positiva ou negativa. Foram adotados os mesmos valores e símbolos mostrados na Figura 8.

As informações qualitativas (necessidades do consumidor) e quantitativas (requisitos de projeto) definidas foram sistematizadas com o auxílio do QFD, através da Matriz da Qualidade. Para auxiliar no tratamento dos dados foi utilizado o software WINQFD v1.0 (WINQFD, 2001), desenvolvido pelo Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos – NeDIP – EMC – CTC – UFSC.

3.2 Acompanhamento do processo fermentativo

A fermentação da suspensão granular da farinha de quirera de arroz polido em água foi baseada no processo de obtenção do polvilho azedo (fécula fermentada). O produto obtido foi

definido como farinha de arroz fermentada. Para avaliar o processo de obtenção da farinha de arroz fermentada, foi realizado o processo fermentativo em laboratório, no Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos – EQA – CTC – UFSC, onde se mediu o pH, a acidez titulável e o gás carbônico (CO₂) durante cada experimento.

3.2.1 Procedência das amostras

Para o desenvolvimento desta etapa, utilizou-se a quirera de arroz polido proveniente da cultivar EPAGRI 108, cedida pela Empresa Arroz Campeiro – Tubarão – SC.

3.2.2 Obtenção da suspensão granular da farinha de arroz polido

Os grãos quebrados de arroz foram moídos para obtenção da farinha, usando-se um moinho doméstico para grãos, com controle manual da granulometria. A farinha de arroz foi testada pura e misturada com fécula fermentada (polvilho azedo), como inóculo, na proporção de 95:5%, e com a fécula não-fermentada de mandioca (polvilho doce), como inóculo, em 95:5%. Essas misturas totalizaram quatro farinhas: FQA₁ (farinha de quirera de arroz polido), FQA₂ (farinha de quirera de arroz polido, sem controle de temperatura durante a fermentação), FQPA (mistura de farinha de quirera de arroz polido e polvilho azedo) e FQPD (mistura de farinha de quirera de arroz polido e polvilho doce).

Todas as amostras, com exceção da FQA₂, foram fermentadas à temperatura controlada (37°C). Estas amostras foram colocadas em recipientes de vidro, permitindo a visualização das fases do processo fermentativo. Em todas as fermentações, foi adicionada água destilada suficiente para formar uma camada de 10 cm de líquido sobrenadante. Os recipientes foram fechados com tampa perfurada no centro. Esta foi conectada a uma mangueira de silicone, cuja extremidade permaneceu imersa em um copo Bécker com água, possibilitando a coleta do gás carbônico (CO₂) formado durante a fermentação e posteriormente dosado por análise cromatográfica. A Tabela 6 resume as características das amostras estudadas nesta etapa.

Tabela 6 – Amostras utilizadas no acompanhamento do processo fermentativo.

AMOSTRA	DESCRIÇÃO
FQA ₁	Farinha de quirera de arroz polido
FQA ₂	Farinha de quirera de arroz polido, fermentada à temperatura ambiente
FQPA	Mistura de farinha de Quirera de arroz polido e polvilho azedo
FQPD	Mistura de farinha de Quirera de arroz polido e polvilho doce

3.2.3 Processo fermentativo

As amostras FQA₁, FQPA e FQPD foram colocadas em estufas com temperatura controlada de 37°C e a FQA₂ fermentou a temperatura ambiente (não controlada). Foram realizados os acompanhamentos do pH e da acidez do líquido sobrenadante, em intervalos de 24 horas, até o 30º dia de fermentação, com auxílio de pHmetro (marca Digimed, modelo DM 20).

Durante os experimentos, foram coletadas 2 amostras, para as quais eram determinados os valores médios de pH e da acidez titulável do líquido sobrenadante. A partir desta, identificou-se os pontos de maior e menor acidez, indicando, possivelmente, as fases de maior e menor produção de ácidos orgânicos. As evoluções dessas variáveis foram comparadas como o que ocorre durante a fermentação da fécula de mandioca para a produção de polvilho azedo.

A determinação do gás carbônico (CO₂) seguiu a metodologia de análise em cromatografia gasosa, no instrumento CG35 e detector tipo ADCB (1 volt). Foram coletadas 2 amostras num tempo médio de 1,28 minutos cada, para as quais eram determinados os valores médios de concentração de CO₂ coletados por uma seringa específica das fermentações realizadas em ambiente fechado, até esta se manter em equilíbrio com o ar. As massas fermentadas foram retiradas dos fermentadores, lavadas e submetidas à secagem em estufa com circulação de ar, à temperatura de 55°C, por 8 horas. O fluxograma apresentado na Figura 9 representa o processo de obtenção da farinha de arroz fermentada adotado neste trabalho.

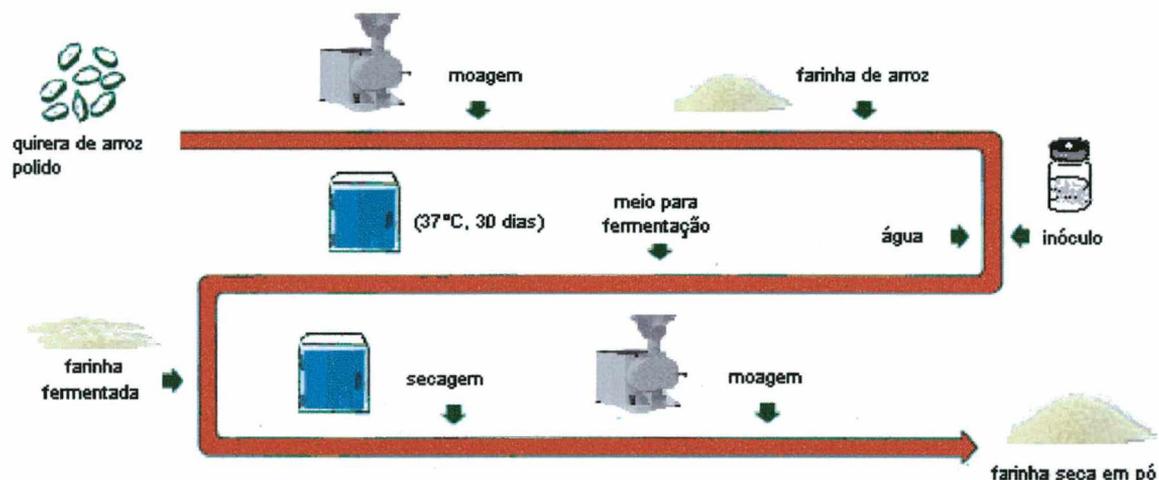


Figura 9 – Etapas da obtenção da farinha fermentada de arroz.

3.3 Caracterização das farinhas fermentadas

Após a obtenção das farinhas fermentadas, as amostras foram analisadas quanto à distribuição granulométrica, composição centesimal, viscosidade *Brabender*, absorção de água e quanto às condições microbiológicas. As amostras estudadas nesta etapa são listadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Amostras utilizadas para caracterização das farinhas fermentadas.

AMOSTRA	DESCRIÇÃO
FQAI	Farinha de Quirera de arroz polido in natura
FQA ₁	Farinha de Quirera de arroz polido
FQPA	Mistura de farinha de quirera de arroz polido e polvilho azedo
FQPD	Mistura de farinha de quirera de arroz polido e polvilho doce
PD	Polvilho doce comercial
PA	Polvilho azedo comercial

3.3.1 Distribuição granulométrica

Foram pesados 300 gramas de cada amostra analisada (FQAI, FQA₁, FQPA e FQPD) e peneirados durante 15 minutos, em um conjunto de peneiras com aberturas de 42 mesh (0,420mm) a 200 mesh (0,074mm) e levados ao agitador de peneiras **Prodotest** na velocidade máxima. As quantidades retidas em cada peneira foram pesadas e expressas em porcentagens. As análises foram realizadas no Laboratório de Engenharia Química do Centro Tecnológico da Universidade do Sul de Santa Catarina – CENTEC – UNISUL, em Tubarão – SC.

3.3.2 Composição centesimal

As amostras das farinhas obtidas (FQAI, FQA₁, FQPA e FQPD) foram analisadas, segundo os métodos da *Association of Official Analytical Chemists* (1999) quanto a proteínas (AOAC 920.87), cinzas (AOAC 923.03), e lipídios, segundo os métodos da *Association of Official Analytical Chemists* (1984). As análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Centro Tecnológico da Universidade do Sul de Santa Catarina – CENTEC – UNISUL, em Tubarão – SC.

3.3.3 Propriedades viscoamilográficas

A viscosidade foi analisada no viscoamilógrafo Brabender, no Laboratório de Controle de Qualidade da Empresa National Starch, em Trombudo Central – SC, para as amostras das farinhas fermentadas (FQAI, FQA₁, FQPA e FQPD), em suspensão de 8% em base seca. Foram obtidas as propriedades viscoamilográficas dos amidos, conforme os seguintes parâmetros:

- a) temperatura inicial da pasta (°C);
- b) temperatura do pico de viscosidade máxima (°C);
- c) viscosidade máxima Brabender (U. A.);
- d) viscosidade após 20 minutos (90 °C) (U. A.) e;
- e) viscosidade no resfriamento (50 °C) (U. A.).

3.3.4 Absorção de água

A absorção de água seguiu a metodologia rápida adotada para o polvilho azedo (CEREDA & NUNES, 1997). A partir de 50 g de cada e água fervente, foram confeccionadas 18 **bolinhas**, 3 de cada amostra, e verificado o volume de água absorvido. As análises das amostras (PD, PA, FQAI, FQA₁, FQPA e FQPD) foram realizadas no Laboratório de Engenharia Química do Centro Tecnológico da Universidade do Sul de Santa Catarina – CENTEC – UNISUL, em Tubarão – SC.

3.3.5 Avaliação microbiológica

As análises microbiológicas envolvendo as amostras obtidas (FQAI, FQA₁, FQPA e FQPD) foram comparadas com os limites máximos estabelecidos pela Resolução 12 de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001) seguindo as determinações da Portaria do Ministério da Saúde para amidos, farinhas, féculas e fubá. Foram realizadas as seguintes análises: contagem padrão em placas, bolores e leveduras, clostrídios sulfito redutores (46°C), *Bacillus cereus*, salmonelas e coliformes fecais. As análises foram realizadas pela Empresa Granotec do Brasil, em Curitiba – PR.

3.4 Teste de aceitabilidade das farinhas de arroz fermentadas

Biscoitos e pães foram elaborados com as amostras de farinha fermentada desenvolvidas e os produtos estabelecidos como concorrentes. Foram realizados testes de aceitabilidade destes produtos. Estes testes foram realizados por 50 provadores não-treinados (consumidores) em uma lanchonete, em Tubarão – SC, os quais marcaram em uma ficha a impressão que o produto lhe causou, indo de **gostei extremamente** a **desgostei extremamente**. As expressões foram convertidas em valores numéricos e analisadas. A ficha de avaliação em escala hedônica adotada pode ser observada no anexo (1) (DUTCOSKY, 1996). Os produtos elaborados com farinha de arroz fermentada foram selecionados, apresentando uniformidade de tamanho e cor, não podendo estar queimados ou crus.

As amostras de biscoitos seguiram as formulações conforme a Tabela 8. A formulação A é a formulação básica adotada. Na formulação B, a farinha de arroz *in natura* substituiu o polvilho azedo e as demais formulações foram usadas as farinhas de arroz fermentadas obtidas, ou seja, C (FQA₁), D (FQPA) e E (FQPD).

Tabela 8 – Formulação dos biscoitos elaborados com as amostras de farinha de arroz fermentada comparadas com a formulação com o polvilho azedo.

Amostra	A	B	C¹	D²	E³
Ingredientes	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Polvilho azedo	100	0	0	0	0
Água	85	85	85	85	85
Sal	4	4	4	4	4
Gordura	25	25	25	25	25
Farinha de arroz fermentada	0	0	100	100	100
Farinha de arroz	0	100	0	0	0
Fermento químico	0	0	0	0	0

¹ FQA₁ – Farinha de arroz fermentada; ² FQPA – Farinha de arroz fermentada (5% polvilho azedo como inóculo); ³ FQPD – Farinha de arroz fermentada (5% polvilho doce como inóculo).

As amostras de pães seguiram as formulações conforme a Tabela 9. As formulações seguiram a mesma ordem para o teste de aceitabilidade de biscoitos. Foi usada como formulação à base de pão sem glúten (ESCOUTO & CEREDA, 2000).

Tabela 9 – Formulação dos pães elaborados com as amostras de farinha de arroz fermentada comparadas com a formulação com o polvilho azedo desenvolvida por Escouto & Cereda (2000).

Amostra	A	B	C¹	D²	E³
Ingredientes	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Polvilho azedo	100	0	0	0	0
Farinha de mandioca moída crua	55	0	0	0	0
Água	100	100	100	100	100
Sal	2	2	2	2	2
Açúcar	12	12	12	12	12
Gordura	20	20	20	20	20
Leite em pó	7	7	7	7	7
Farinha de arroz fermentada	0	0	100	100	100
Clara em pó	27,85	27,85	27,85	27,85	27,85
Farinha de arroz	0	100	0	0	0
Fermento biológico fresco	10	10	10	10	10

¹ FQA₁ – Farinha de arroz fermentada; ² FQPA – Farinha de arroz fermentada (5% polvilho azedo como inóculo); ³ FQPD – Farinha de arroz fermentada (5% polvilho doce como inóculo).

Os resultados destes testes foram convertidos em valores e símbolos que avaliaram o novo produto com os produtos adotados como concorrentes, obtendo-se a classificação com a concorrência.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Valor do consumidor

O valor do consumidor foi identificado pelo valor de importância de cada requisito de qualidade do produto, mostrando as características funcionais da farinha de arroz fermentada comparadas com as do polvilho azedo. Quanto aos aspectos sensoriais, o sabor e o aroma foram os requisitos mais valorizados pelos consumidores consultados (valor igual a 5,0). A avaliação destes requisitos indicou a exigência dos consumidores estimulada pelos indicadores de satisfação do produto utilizados na percepção do alimento (DUTCOSKY, 1996). Quanto ao aspecto nutricional, a fonte de proteínas e o produto sem glúten foram os requisitos considerados importantes pelos consumidores, valorizando as características funcionais dos produtos a base de arroz. Esses requisitos obtiveram valor igual a 4,0. A necessidade de produtos sem glúten, identificada durante a pesquisa, foi o motivo da valorização destes requisitos. O requisito relacionado ao aspecto comercial foi o menos valorizado pelos consumidores consultados (valor igual a 2,0). Por outro lado, a cor da farinha normalmente é uma exigência dos fabricantes de produtos de panificação (MATZ, 1992). A Tabela 10 lista os valores julgados pelos consumidores.

Tabela 10 – Valor do consumidor para cada requisito de qualidade.

Requisitos de Qualidade do produto		Valor do consumidor ¹
Aspectos sensoriais	Sabor	5,0
	Aroma	5,0
	Textura	3,0
	Aparência	3,0
Aspectos nutricionais	Fonte de proteínas	4,0
	Fonte de energia	3,0
	Fonte de vitaminas	3,0
	Sem glúten	4,0
Aspecto comercial	Cor	2,0

¹Os resultados apresentados representam os valores médios das consultas/requisito.

4.2 Matriz da qualidade

Durante a pesquisa, notou-se, por depoimento dos entrevistados, que a maioria (63%) consome produtos elaborados com polvilho azedo mais de uma vez por mês. A totalidade dos consumidores pouco conhece os produtos elaborados com a farinha de arroz. Essas informações interferiram nos resultados desta etapa, indicando preferência por produtos de polvilho azedo sobre os produtos a base de farinha de arroz. Neste caso, todos os requisitos do polvilho azedo, relacionados com os aspectos sensoriais, obtiveram a nota máxima (5,0). Porém, estudos sobre o uso da farinha de arroz em produtos de panificação estão avançando, através da identificação e otimização dos requisitos dessa farinha para essa finalidade (MUKPRASIRT et al., 2001). Certamente, com a diversificação de produtos de panificação a base de farinha de arroz este índice de preferência tende a aumentar.

Os resultados da Matriz da Qualidade foram obtidos através dos valores classificados (sem e com a concorrência), indicando a quantidade de glúten como o requisito mais relevante. Esses resultados mostram que quanto menos glúten a farinha conter, melhor. O polvilho azedo não contém glúten, assim como a farinha de arroz, tornando-se este atributo mais valorizado na priorização dos requisitos de projeto. Essa característica possui uma tendência de impulsionar o desenvolvimento de produtos indicados aos celíacos.

Outro fato identificado é que o polvilho azedo possui uma granulometria que atende uma necessidade funcional em produtos de panificação, indicando um atributo importante para o desenvolvimento da farinha de arroz fermentada. Porém, na classificação de prioridades tal item se encontra em 5º lugar, concluindo-se que esse requisito, neste caso, não tem caráter prioritário.

A Matriz da Qualidade sistematizou as informações coletadas do consumidor, direcionando o desenvolvimento do processo de obtenção das amostras de farinha fermentada. Essa sistematização facilitou o processo de tomada de decisões sobre quais requisitos de projeto devem ser analisados e otimizados (BAXTER, 2000). Os resultados da elaboração da Matriz da Qualidade para a farinha de arroz fermentada estão ilustrados na Figura 10.

4.3 Acompanhamento do processo fermentativo

Foram avaliados os valores de pH e acidez titulável, obtidos através do acompanhamento do processo fermentativo da farinha de quirera de arroz polido (FQA₁), mistura farinha de quirera de arroz polido e polvilho azedo (5%) (FQPA) e mistura farinha de quirera de arroz polido e polvilho doce (5%) (FQPD), a temperatura controlada de 37°C. Também se avaliou esses parâmetros para a farinha de quirera de arroz polido (FQA₂), fermentada à temperatura ambiente. Os valores de pH e acidez titulável são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Dados experimentais obtidos para pH e acidez titulável durante os experimentos de fermentação.

Tempo (dias)	FQA ₁ ¹		FQPA ¹		FQPD ¹		FQA ₂ ¹	
	pH	Acidez (%)	pH	Acidez (%)	pH	Acidez (%)	pH	Acidez (%)
1	6,25	0,97	6,31	0,86	6,39	0,98	6,14	0,74
2	4,57	2,72	4,47	2,7	4,1	1,08	4,93	1,05
3	4,48	2,91	3,52	2,91	4,1	1,4	4,26	1,98
4	4,48	3,02	3,89	3,42	4,07	1,8	4,26	2,14
5	4,26	2,83	3,47	3,54	4,08	1,79	4,23	2,44
6	4,25	2,68	4,05	3,34	4,31	1,68	4,19	2,68
7	4,23	2,94	3,96	3,58	4,3	1,58	4,16	2,68
8	4,19	3,03	4,33	3,1	3,95	1,82	4,14	2,69
9	4,16	3,41	4,16	3,19	4,47	1,56	4,06	2,72
10	4,06	3,57	3,47	2,72	4,19	1,69	3,55	3,34
11	4,17	3,18	3,10	3,24	3,98	2,45	3,23	3,45
12	4,14	3,72	3,05	3,32	4,21	2,18	3,20	3,72
13	4,06	3,34	3,83	3,28	4,02	2,39	3,12	4,58
14	4,19	3,45	4,04	3,25	4,13	1,87	4,19	3,45
15	4,16	2,95	4,14	3,18	4,54	1,58	4,85	3,14
16	4,19	3,03	4,25	3,22	4,64	1,55	4,66	3,03
17	4,23	3,08	4,25	3,22	4,29	1,9	4,48	3,08
18	4,22	3,22	3,67	3,38	4,17	1,93	4,30	3,29
19	4,19	3,14	3,36	3,12	4,17	2,35	4,30	2,98
20	4,19	3,49	4,25	3,57	4,05	2,29	4,87	2,14
21	4,85	1,2	4,35	3,88	4,14	1,86	4,68	1,54
22	4,55	1,54	4,05	3,38	3,52	2,58	4,43	1,98
23	4,85	1,26	4,25	3,26	4,26	1,91	4,84	1,38
24	4,87	1,52	4,46	3,53	4,8	1,85	4,87	1,54
25	4,68	1,65	4,46	3,49	4,67	1,67	4,68	1,68
26	4,43	1,58	4,46	3,38	4,23	1,71	4,43	1,55
27	4,84	1,54	4,34	4,58	4,34	1,48	4,83	1,59
28	4,73	1,62	4,97	1,71	4,39	1,73	4,64	1,65
29	4,81	1,5	4,85	1,66	4,13	1,86	4,95	1,42
30	4,78	1,53	4,82	1,71	4,29	1,71	4,96	1,29

¹Os resultados apresentados representam os valores médios de 2 repetições/amostra.

As evoluções do pH e da acidez titulável tiveram o mesmo comportamento para todos os experimentos, ocorrendo queda acentuada do pH e aumento da acidez durante os primeiros dias de fermentação. Porém, para a FQPA, a queda do pH foi mais rápida e a acidez apresentou os maiores valores durante a fermentação, quando comparados aos demais experimentos. Isso provavelmente ocorreu porque o polvilho azedo representa um verdadeiro iniciador para a fermentação, devido à sua carga microbiana inerente, o que ocorre em menor grau com a farinha de quirera de arroz polido e com o polvilho doce.

Após 24 horas, as amostras apresentaram comportamentos típicos da fermentação de fécula de mandioca, conforme citados na literatura (ASCHERI, 1992). Nos primeiros dias de fermentação, o pH diminuiu rapidamente. Após 48 horas, o pH diminuiu lentamente até alcançar um valor mínimo no 10º (FQA₁), 12º (FQPA), 22º (FQPD) e 13º (FQA₂) dias de fermentação.

Para o experimento realizado com a amostra FQA₂, a acidez titulável atingiu valores iniciais próximos aos obtidos com a temperatura controlada, mostrando um aumento até os doze primeiros dias de fermentação. Para o experimento realizado com a amostra FQPA, a acidez apresenta um aumento até o final do processo. Para o experimento realizado com a amostra FQPD, a acidez oscilou entre o 12º e o 20º dia, aumentando lentamente até o 22º dia de fermentação. Por outro lado, no experimento realizado com a amostra FQA₁, a acidez do sobrenadante apresentou grandes oscilações até o final do processo. Isso foi devido às diferenças de composição entre a fécula de mandioca e a farinha de arroz e à carga microbiana inicial, pois outros microrganismos certamente estão presentes na flora natural da quirera de arroz.

De acordo com Ascheri (1992) e Cereda et al. (1995), a primeira fase para a fermentação da fécula de mandioca coincide com a queda brusca no valor de pH do líquido sobrenadante, estabilizando-se após o 2º ou 3º dia ao redor de pH = 3,0. Para a fermentação das amostras de farinha de arroz a estabilidade ocorre após o 15º dia, com pH de 4,16 a 4,85. Os valores de acidez titulável acusaram oscilações até o final do processo. Comparativamente à fécula de mandioca, a farinha de arroz possui teor de proteína expressivamente superior, cujos compostos nitrogenados dificultam a diminuição do pH. As variações do pH e da acidez titulável do sobrenadante nos experimentos realizados com as amostras FQA₁, FQPA, FQPD e FQA₂ estão ilustrados nas Figuras 11 e 12.

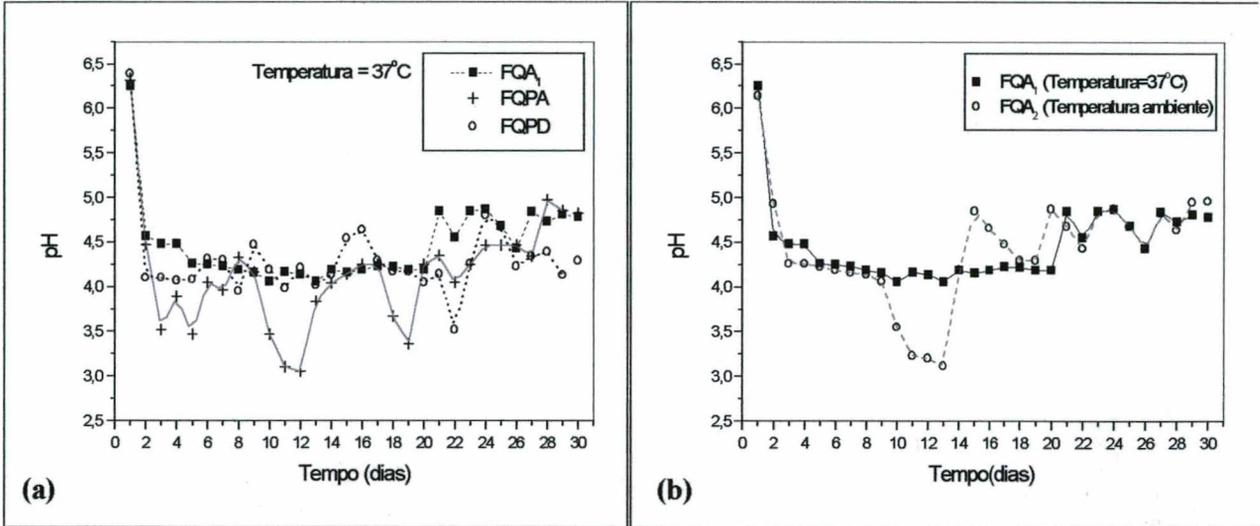


Figura 11 - Variações do pH durante a fermentação para as amostras: FQA₁, FQPA e FQPD (a); FQA₁ e FQA₂ (b).

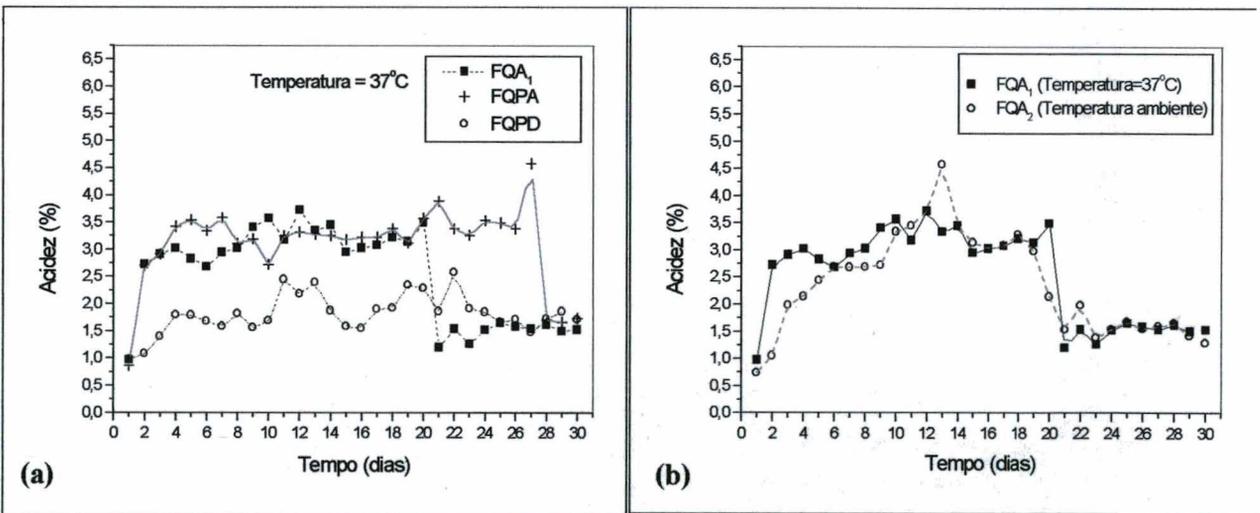


Figura 12 – Variações da acidez (%) durante a fermentação para as amostras: FQA₁, FQPA e FQPD (a); FQA₁ e FQA₂ (b).

Para o gás carbônico (CO₂) formado, durante a fermentação em ambiente fechado, foi possível analisar, em cromatografia gasosa, a concentração das amostras FQA₁, FQPA e FQPD. A Tabela 12 ilustra os teores de CO₂ (%) formado durante o processo fermentativo.

Tabela 12 - Variações de CO₂ (% de gás carbônico) durante o processo fermentativo das amostras de farinha de arroz FQA₁, FQPA e FQPD.

Dia	FQA ₁ ¹	FQPA ¹	FQPD ¹
1	0,00	0,00	0,00
2	0,08	1,04	0,75
3	9,22	2,63	1,94
4	10,12	6,08	2,50
5	10,82	3,27	2,92
6	4,12	4,52	3,35
7	4,43	5,87	3,78
8	5,45	5,31	4,40
9	5,30	4,96	4,87
10	4,30	0,75	5,19
11	0,09	1,09	5,19
12	0,08	0,89	2,34
13	0,08	0,61	0,88

¹Os resultados apresentados representam os valores médios de 2 repetições/amostra.

A concentração inicial de CO₂ foi equivalente ao da atmosfera, apresentando acréscimo acentuado entre o 2º e 5º dia, decrescendo após o 5º, e tendo uma queda acentuada após o 10º dia, para manter-se em equilíbrio com o teor de gás carbônico do ar pelo restante do período da fermentação para FQA₁. Para FQPA e FQPD, os experimentos de fermentação apresentaram aumento rápido de CO₂ entre o 2º e 4º dia, oscilando até o 10º dia. Após esse período, decresceram até manter-se em equilíbrio com o ar. Esses resultados são similares aos resultados publicados sobre a fermentação do polvilho azedo (CEREDA et al., 1995).

O final da fase de maior expressão no teor de CO₂ para todos os experimentos, coincidiu com o início da fase mais tumultuosa da fermentação, quando bolhas são formadas no interior da massa das amostras depositadas e migram para a superfície, formando uma camada fina, ocorrendo esse mesmo comportamento com o polvilho azedo (CEREDA et al., 1995). A variação de CO₂ (%) formado durante a fermentação das amostras estudadas pode ser visualizada na Figura 13.

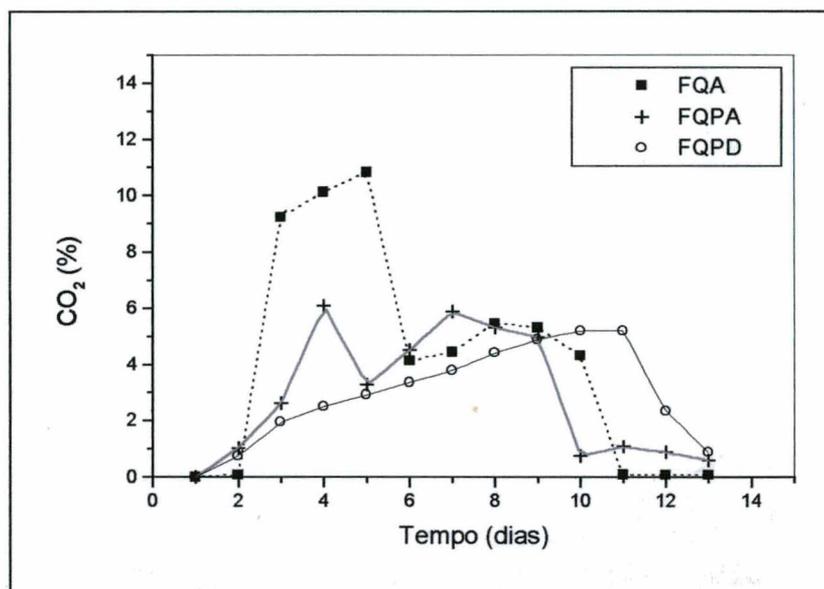


Figura 13 – Variações do CO₂ (% de gás carbônico) formado à temperatura de 37°C para as amostras FQA₁, FQPA e FQPD.

4.4 Distribuição Granulométrica das farinhas de arroz fermentadas

A fermentação modificou a granulometria das farinhas de quirera de arroz. O aumento da acidez e a ação das enzimas produzidas pelos microrganismos devem ter auxiliado na modificação dos grânulos de amido. Visualmente, pôde-se constatar a presença de pequenos furos na massa fermentada seca, indicando a ação enzimática característica do processo fermentativo, conforme também contatado por Cereda et al. (1995). Os resultados estão ilustrados na Tabela 13.

Tabela 13 - Distribuição granulométrica (%) da farinha de arroz *in natura* (FQAI) e das amostras de farinha de arroz fermentada (FQA₁, FQPA e FQPD) obtidas após processo fermentativo.

100g de produto	Tyler/Mesh ¹									
	Amostras	42	60	65	80	100	150	170	200	fundo
FQAI		38,64	18,77	17,01	8,46	7,24	5,01	2,48	1,59	0,698
FQA ₁		5,49	14,68	10,04	8,66	8,7	9,68	8,49	16,08	18,18
FQPA		11,48	14,42	10,82	9,63	7,97	8,08	6,18	4,68	26,45
FQPD		14,25	12,92	9,65	10,73	6,49	7,94	8,19	6,21	23,45

¹Os resultados apresentados representam os valores médios de 2 repetições/amostra.

Na distribuição granulométrica da amostra FQAI, o percentual retido na peneira 42 foi de 38,64% e na peneira 200 foi de 1,59%, com fundo de 0,698%. Para as amostras fermentadas, como por exemplo, a FQA₁, o percentual retido, nas mesmas condições de moagem, na peneira 42 foi de 5,49%, na peneira 200 foi de 16,08%, com fundo de 18,18%. Esses resultados demonstram que a fermentação modificou a estrutura das partículas da farinha de arroz, resultando em uma granulometria mais fina que a farinha não fermentada.

A Figura 14 ilustra as diferenças granulométricas para as amostras de farinha de arroz *in natura* e fermentada, onde se pode observar os efeitos da fermentação na redução dos tamanhos das partículas, em todas as farinhas fermentadas.

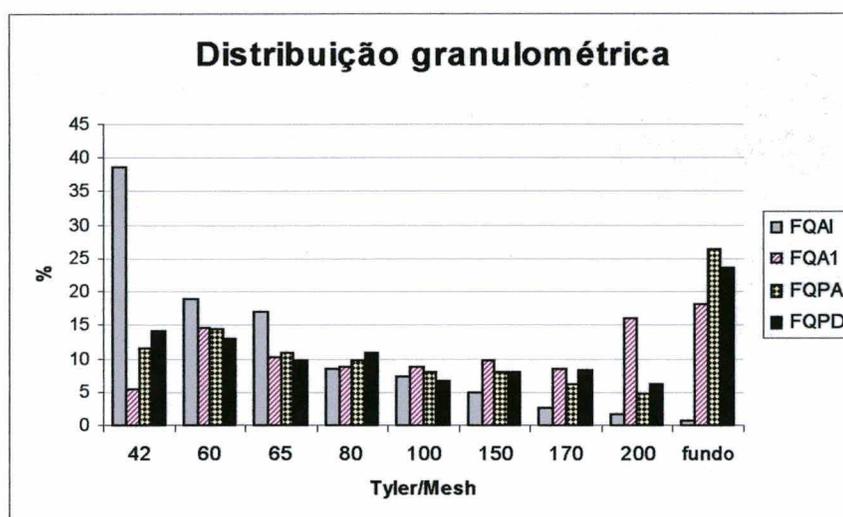


Figura 14 – Análise granulométrica das amostras de farinha de arroz fermentada obtidas (FQAI, FQA₁, FQPA e FQPD).

4.5 Composição Centesimal

Os resultados obtidos para a composição centesimal das farinhas fermentadas estão ilustrados na Tabela 14.

Tabela 14 - Composição centesimal da farinha de arroz *in natura* e das amostras de farinha de arroz fermentada.

Amostra	Proteína ²	Carboidratos ^{1,2}	Lipídios ²	Cinzas ²
	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g
FQAI	7,40	75,12	1,61	1,10
FQA ₁	6,72	80,41	1,27	0,95
FQPA	6,20	80,80	1,23	1,13
FQPD	5,80	78,10	0,66	0,60

¹Calculado por diferença (100 – umidade – proteína – lipídios – cinzas – fibra bruta);

²Os resultados apresentados representam os valores médios de 2 repetições/amostra.

4.5.1 Proteínas

Na farinha de quirera de arroz polido *in natura*, o teor de proteína encontrado foi de 7,40%, próximo dos valores citados pela literatura (SGARBIERI; BOBBIO & BOBBIO; 1996, 2001). Para as farinhas fermentadas, FQA₁, FQPA e FQPD, houve uma diminuição do teor de proteínas, tendo sido encontradas as porcentagens de 6,72 %, 6,20 % e 5,80 %, respectivamente. Houve reduções porque provavelmente ocorreu solubilização e digestão parcial das proteínas da farinha de arroz durante a fermentação. Isso ocorre porque estão presentes nas proteínas do arroz as globulinas solúveis em água a pH = 4,5 (SGARBIERI, 1996).

Para fins de comparação, vale ressaltar que o teor de proteínas da fécula de mandioca está entre 0,15 e 0,2%, enquanto para o polvilho azedo se encontram valores próximos de 1,20%, devido ao enriquecimento protéico associado ao crescimento de leveduras (CEREDA et al., 1995).

4.5.2 Carboidratos

Os valores dos teores de carboidratos totais obtidos para as amostras foram 75,12% (FQAI), 80,41% (FQA₁), 80,80% (FQPA) e 78,10% (FQPD), semelhantes aos relatados na literatura para o arroz *in natura* (MAIA et al., 2000). O produto fermentado, embora apresente concentrações semelhantes às das amostras *in natura*, tem suas características físico-químicas alteradas. No processo de produção de polvilho azedo, a fermentação causa alterações em

algumas características da farinha, resultando em maior solubilidade e maior poder de intumescimento em água (SILVEIRA et al., 2000). Ocorrem, também, modificações na quantidade de amilose e amilopectina no produto fermentado (amilose: 17% na fécula e 40% na fécula fermentada). A ação dos ácidos orgânicos formados e de enzimas se faz sobre a amilopectina, que é hidrolisada e arrastada para o meio em fermentação (CEREDA et al., 1995). Devido às características apresentadas pelo líquido sobrenadante (aspecto viscoso), durante e após a fermentação, isto deve ter ocorrido também com a fermentação da farinha de quirera de arroz polido.

4.5.3 Lipídios

A farinha de quirera de arroz polido *in natura* apresentou uma concentração de lipídios de 1,61%, próxima de 2%, valor este publicado por Juliano (1994). A fermentação modificou a quantidade de lipídios, tendo maior significância para a amostra FQPD, reduzindo sua concentração para 0,66%. Os valores obtidos para as amostras FQA₁ e FQPA foram de 1,27% e 1,23%, respectivamente.

4.5.4 Cinzas

A fermentação, como já comprovado, modifica as características dos amiláceos, alterando também o seu teor de cinzas (CEREDA et al., 1995). Os teores apresentados, 1,1% para FQAI, 0,95% para FQA₁, 1,13% para FQPA e 0,60% para FQPD são ideais para a fabricação de certos tipos de pães e biscoitos, dependendo também da formulação do produto e da vida-de-prateleira desejadas (MATTEI, 2000).

4.6 Propriedades viscoamilográficas

Os resultados das análises de viscosidade das pastas das amostras FQAI, FQA₁, FQPA e FQPD indicaram o efeito da fermentação sobre esta propriedade. A Tabela 15 ilustra as propriedades viscoamilográficas das farinhas de arroz *in natura* e fermentadas.

Tabela 15 – Propriedades viscoamilográficas da farinha de arroz *in natura* e das amostras de farinha de arroz fermentada pelo processo fermentativo.

Amostra Suspensão a 8%	Temperatura da viscosidade máxima (°C)	Viscosidade máxima (U.A.)	Viscosidade mínima a temperatura constante (U.A.)	Viscosidade final no ciclo de resfriamento (U.A.)
FQAI	90	450	370	430
FQA ₁	90	500	410	500
FQPA	90	610	500	610
FQPD	90	520	410	510

Nos resultados apresentados relativos a viscosidade Brabender, observa-se que o processo fermentativo provocou um aumento da viscosidade máxima, da viscosidade mínima à temperatura constante e da viscosidade final no ciclo de resfriamento. O amido é o principal componente responsável pela viscosidade, sendo que a redução da amilopectina reflete-se na variação da viscosidade com relação às farinhas não fermentadas.

As amostras FQPA e FQPD apresentaram diferenças na viscosidade máxima, mínima e no resfriamento. Os inóculos de polvilho azedo e doce adicionados nessas amostras certamente foram os responsáveis por esses resultados. Conforme os resultados obtidos por Cereda et al. (1995), o polvilho azedo e o polvilho doce apresentam diferenças nas propriedades viscoamilográficas. A fécula de mandioca atinge valores maiores para os parâmetros de viscosidade comparados aos obtidos para a farinha de arroz (CEREDA et al.; MAIA et al.; 1995, 1999).

Comparando-se as farinhas antes da fermentação (FQAI) e após a fermentação (FQA₁), os resultados apresentaram aumento na viscosidade máxima (de 450 a 500 U.A.), mínima (de 370 a 410 U.A.) e no resfriamento (430 a 500 U.A.). A proteína do arroz pode atuar como barreira física para o intumescimento do amido (WANG et al., 2000). A diminuição dos teores de proteínas com a fermentação devem ter influenciado nas propriedades viscoamilográficas das amostras analisadas. A Figura 15 ilustra as curvas obtidas da análise viscoamilográfica para as farinhas de arroz fermentadas.

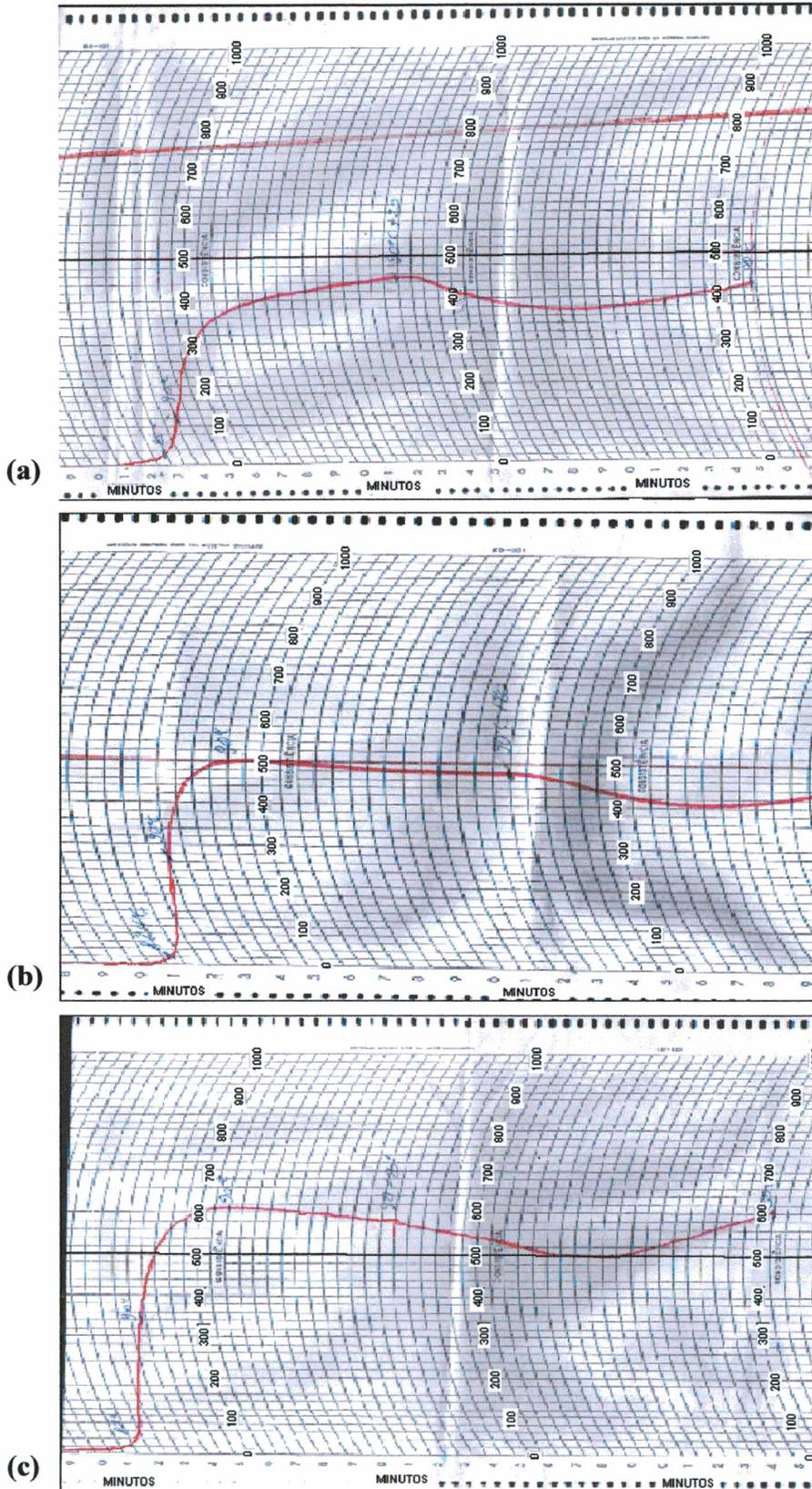


Figura 15 – Viscosidade Brabender das amostras de farinha de arroz: FQAI (a); FQA₁ (b); FQPA (c).

4.7 Absorção de água

A capacidade de absorção de água de uma farinha está correlacionada com a resistência ao trabalho de deformação (propriedade elástica), medida por alveografia da mesma. No polvilho azedo, a absorção de água pode ser determinada por metodologia rápida e em farinógrafo de Brabender (CEREDA & NUNES; CEREDA & SARMENTO, 1997), em que é medido o volume de água adicionado (água de absorção) nas amostras. Com a aplicação da metodologia rápida, obteve-se resultados semelhantes aos publicados na literatura para as féculas de mandioca, doce e fermentada (CEREDA et al., 1995) e para a farinha de arroz (MAIA et al., 1999).

As amostras FQA₁, FQPA e FQPD apresentaram absorções de água maior que FQAI (não fermentada). A farinha de quirera de arroz polido *in natura* apresentou 51,75% de absorção de água (AA), enquanto as amostras fermentadas apresentaram 63,31%, 73,19 e 68,91 de AA, respectivamente. Isso demonstra que o processo fermentativo altera a absorção de água da farinha de quirera de arroz. O ataque dos ácidos orgânicos formados e das enzimas amilolíticas que causam alterações no teor de amilose e amilopectina aumenta a capacidade de AA da farinha. A Tabela 16 mostra valores obtidos das amostras avaliadas e comparados com as féculas de mandioca (polvilho doce e azedo).

Tabela 16 - Absorção de água de amostras de polvilho azedo e doce comerciais, da farinha de arroz *in natura* e das amostras de farinha de arroz fermentada obtidas após processo fermentativo.

Produto analisado	Absorção AA ¹ (%)
PD	66,67
PA	73,28
FQAI	51,75
FQA ₁	63,31
FQPA	73,19
FQPD	68,91

¹Os resultados apresentados representam os valores médios de 2 repetições/amostra.

A Figura 16 mostra a diferença da absorção de água entre as farinhas de arroz fermentadas, o polvilho azedo e o polvilho doce.

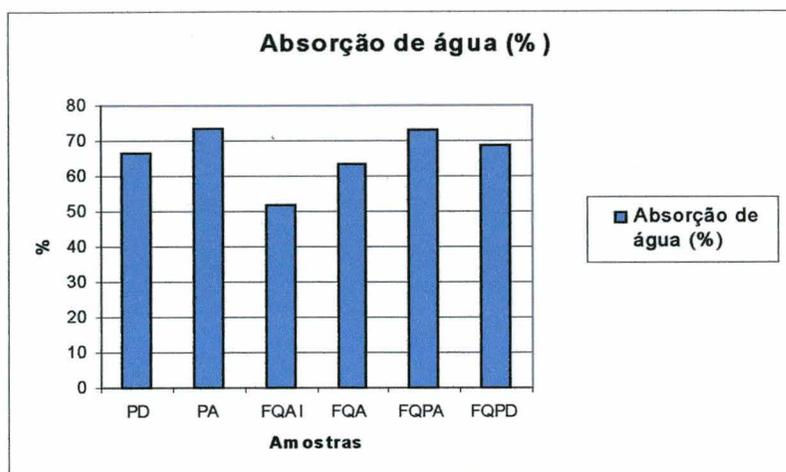


Figura 16 – Diferenças dos valores de absorção de água entre as farinhas fermentadas, o polvilho azedo e o polvilho doce.

4.8 Avaliação microbiológica

Os resultados microbiológicos obtidos para as farinhas fermentadas estão de acordo com os padrões exigidos pelo Ministério da Saúde, Resolução 12 de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), permitindo classificar as farinhas obtidas como seguras do ponto de vista microbiológico. A Tabela 17 mostra os resultados da análise microbiológica das amostras obtidas antes e após a fermentação.

Tabela 17 - Resultados da análise microbiológica da farinha de arroz *in natura* (FQAI) e das amostras de farinha de arroz fermentada (FQA₁, FQPA e FQPD) obtidas após processo fermentativo.

Características	FQAI ^{1,1}	FQA ₁ ^{1,2}	FQPA ^{1,3}	FQPD ^{1,4}
Microbiológicas				
Coliformes fecais	< 10/g (UFC)	< 10/g (UFC)	< 10/g (UFC)	< 10/g (UFC)
Mofos, bolores e leveduras	1x10 ³ /g (UFC)	3x10 ³ /g (UFC)	1x10 ⁴ /g (UFC)	1x10 ⁴ /g (UFC)
Bacillus cereus	Ausente em 0,01g (UFC)	1x10 ³ /g (UFC)	Ausente em 0,01g (UFC)	Ausente em 0,01g (UFC)
Contagem total	1x10 ³ /g (UFC)	7x10 ³ /g (UFC)	2x10 ⁴ /g (UFC)	2x10 ⁴ /g (UFC)
Salmonellas	Ausente em 25 g (UFC)	Ausente em 25 g (UFC)	Ausente em 25 g (UFC)	Ausente em 25 g (UFC)
Sulfitos redutores (46°C)	Ausente em 0,1g (UFC)	Ausente em 0,1g (UFC)	Ausente em 0,1g (UFC)	Ausente em 0,1g (UFC)

Referência: Ministério da Saúde – Resolução 12 de 02 de janeiro de 2001.

¹Os resultados apresentados representam os valores médios de 3 repetições/amostra.

¹ FQAI – Farinha de arroz *in natura*; ² FQPA₁ – Farinha de arroz fermentada; ³ FQPA – Farinha de arroz fermentada (5% polvilho azedo como inóculo); ⁴ FQPD – Farinha de arroz fermentada (5% polvilho doce como inóculo).

4.9 Teste de aceitabilidade dos produtos

De acordo com a Tabela 18, pode-se observar a avaliação de aceitabilidade do produto pelo consumidor através da escala hedônica apresentada em anexo deste trabalho.

Tabela 18 - Avaliação de aceitabilidade dos biscoitos e dos pães pelo consumidor.

Testes dos produtos	A ¹	B ¹	C ^{1,1}	D ^{1, 2}	E ^{1, 3}
Biscoitos	8,18	6,77	5,47	8,10	7,23
Pães	7,74	5,86	3,26	4,73	4,93

¹Os resultados apresentados representam os valores médios atribuídos pelos consumidores consultados.

¹ FQA₁ - Farinha de arroz fermentada; ² FQPA - Farinha de arroz fermentada (5% polvilho azedo como inóculo); ³ FQPD - Farinha de arroz fermentada (5% polvilho doce como inóculo).

Os resultados, convertidos para valores numéricos, demonstraram a preferência pelas formulações com polvilho azedo, embora com a fermentação a farinha de arroz tenha obtido melhorias significativas para a aceitabilidade pelo consumidor. Dentre as amostras de farinha de fermentada desenvolvidas, a FQPA obteve o maior valor quanto à aceitabilidade dos biscoitos (8,10), enquanto que o menor foi para a amostra FQA₁ (5,47). A Figura 17 ilustra os biscoitos elaborados com a farinha de arroz fermentada com a maior aceitação (FQPA).



Figura 17 – Biscoitos elaborados com a farinha fermentada FQPA.

Os resultados obtidos para a aceitabilidade dos pães pelo consumidor demonstraram, novamente, a preferência pelo produto a base de fécula de mandioca, porém nesta é

adicionada farinha de mandioca moída crua. Os resultados de aceitabilidade do produto à base de farinha de arroz fermentada não mostraram uma boa aceitação, devendo-se melhorar as características dessa farinha com estudos mais detalhados e adequação de formulações para o produto a ser testado. As amostras de farinha de arroz fermentada que obtiveram os maiores valores foram a FQPD (4,93) e a FQPA (4,73), porém tiveram levíssima rejeição. Os resultados são ilustrados na Figura 18.

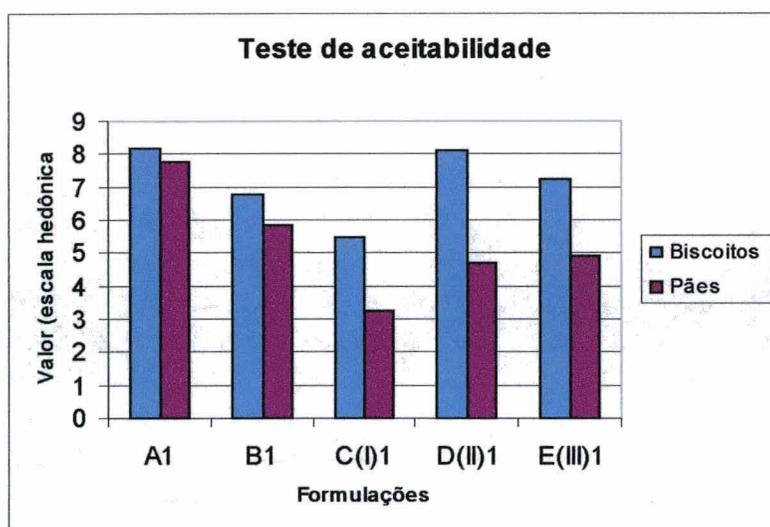


Figura 18 – Teste de aceitabilidade de pães e biscoitos elaborados com as amostras estudadas.

5 CONCLUSÕES

O QFD auxiliou na sistematização dos dados obtidos para o desenvolvimento do trabalho. As informações qualitativas e quantitativas identificadas auxiliaram no desenvolvimento do processo de obtenção das amostras de farinha de arroz fermentada.

A amostra FQPA (mistura fermentada de farinha de quirera de arroz polido e polvilho azedo) foi o protótipo desenvolvido com maior valor de aceitação (valor igual a 8,10), de acordo com os consumidores consultados, para a elaboração de biscoitos Tipo Polvilho, tendo obtido avaliação similar aos biscoitos de polvilho azedo (valor igual a 8,18).

As variações do pH e da acidez titulável durante o processo fermentativo (temperatura de 37° C) indicaram comportamentos similares ao que ocorre no processo de obtenção do polvilho azedo.

Os tipos de inóculos (polvilho azedo e polvilho doce) usados para a fermentação, com a temperatura controlada, influenciaram nos comportamentos quanto à evolução temporal dos parâmetros que indicam as fases do processo fermentativo.

A amostra FQA₁ (farinha de arroz fermentada) obteve um teor maior de proteínas (7,4%) comparada com as demais farinhas desenvolvidas. Somente para comparação, cabe lembrar que o polvilho azedo possui um teor de proteínas de 1 a 1,2%. A amostra FQA₁ supera as demais farinhas desenvolvidas quanto ao teor de proteínas e lipídios.

A totalidade das amostras apresentou resultado microbiológico dentro dos padrões exigidos para farinhas, fubá, amidos e féculas, conforme o Ministério da Saúde.

A fermentação aumentou os valores de viscosidade Brabender máxima, mínima e final, para todas as amostras. A amostra FQPA foi a que apresentou os maiores valores de viscosidade máxima Brabender e de absorção de água, mostrando que a fermentação contribuiu para a melhoria das características da farinha de arroz para a elaboração de produtos de panificação.

A amostra FQA₁ foi a farinha de arroz fermentada que teve a menor aceitação tanto para biscoitos (5,47) quanto para pães (3,26). As farinhas de arroz fermentadas desenvolvidas não tiveram boa aceitação para os pães, obtendo-se valor menor que 5,0.

O estudo indicou a possibilidade da utilização da farinha de arroz fermentada em produtos de panificação. Um estudo mais detalhado do processo fermentativo se faz necessário para uma melhor compreensão do mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIANO, C.; ROTH, A. V. **Beyond the house of quality: dynamic QFD**. Benchmarking for Quality Management & Technology, Texas, v. 1, n. 1. p. 25-37, 1994.
- AKAO, Y. **QFD: Past, present, and future**. In: International Symposium on QFD, 1997, Linköping. Disponível em: <<http://www.emerald-library.com>>. Acesso em: 05 maio 2000.
- ARROZ CAMPEIRO. **Processamento do arroz polido: produtos e subprodutos**. Tubarão: Campeiro Produtos Alimentícios Indústria e Comércio Ltda., 2000.
- ASCHERI, D. P. R. **Acompanhamento do processo fermentativo através das características do polvilho e dos biscoitos elaborados**. 1992. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- ASQUIERI, E. R. **Efeito da fermentação nas características da fécula de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) de três cultivares colhidas em diferentes épocas**. 1990. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 12th ed. Gaithersburg: AOAC International, 1984.
- _____. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. Gaithersburg: AOAC International, 1999.
- BAXTER, M. **Projeto de produto: um guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
- BECH, A. C.; HANSE, M.; WIENBERG, L. **Application of house of quality in translation of consumer needs into sensory attributes measurable by descriptive sensory analysis**. Food Quality and Preference, London, v. 8, n. 516. p. 329-340, set. 1997.
- BOBBIO, P. A; BOBBIO F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001.
- BOUCHEREAU, V.; ROWLANDS, H. **Methods and techniques to help quality function deployment (QFD)**, Emerald-library, South of Wales, 1997. Disponível em: <<http://www.emerald-library.com>>. Acesso em: 05 maio 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 30 jan. 2002.
- _____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 12 de 2 de janeiro de 2001**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm>. Acesso em: 30 jan. 2001.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Cadeia agroindustrial do arroz**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em: 20 jan. 2002.

CEREDA, M. P.; NUNES, O. L. G.; VILPOUX, O. **Tecnologia da produção do polvilho azedo**. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, Universidade Estadual Paulista, 1995.

_____; NUNES, O. L. G. **Manual de análises de polvilho azedo (físico-químicas, microbianas e de qualidade)**. 2. edição. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, Universidade Estadual Paulista, 1997.

_____; SARMENTO, S. B. S. **Manual de análises de fécula (físico-químicas, microbianas e de qualidade)**. 2. edição. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, Universidade Estadual Paulista, 1997.

_____; VEIGA, P.; VILPOUX, O. **Possíveis usos da fécula de mandioca: critérios de qualidade**. Boletim Técnico. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, Universidade Estadual Paulista, n. 3, 1994.

CHARTERIS, W. **Quality function deployment: A quality engineering technology for the food industry**. Journal of the Society of Dairy Technology, London, v. 1, n. 46. p. 12-21, 1993.

DAIGLE, K. W.; SHIH, F. F. **Oil uptake properties of fried batters from rice flour**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, New Orleans, v. 47, n. 4, p. 1611-1615, 1999.

DANILEVICZ, A. M. F.; RIBEIRO, J. L. D. **O uso do QFD no setor de serviços com ênfase para o desdobramento de custo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 1999, . Anais...Belo Horizonte: UFMG, 1999. p. 250 – 261.

DELRUE, R. M.; CHAMBERLIM, L. W. **Process for the production of partially gelatinized rice flour**. Cargill Inc., Minneapolis, Jul. 1999. Disponível em: <<http://www.europe.idealibrary.com/links/doi/10.1006/jcrs.2000.0374>>. Acesso em: 30 jan. 2002.

DEMIATE, I. M. et al. **Organic acid profile of commercial sour cassava starch**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.19, n.1, jan./abr. 1999.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 1. ed. Curitiba: Champagnat, 1996.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A.: **banco de dados de tecnologias, serviços e produtos**. Disponível em: <<http://www.epagri.sc.gov.br>>. Acesso em: 17 jan. 2002.

_____. **Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina (pré-germinado)**. Florianópolis, p. 13-16, 1998.

ESCOUTO, L.F.; CEREDA, M. P. **Pão sem glúten**. Centro de Raízes Tropicais, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, nov. 2000. Disponível em: <<http://www.cerat.unesp.br/atuação/produtos/pesquisas.htm>>. Acesso em: 21 nov. 2000.

FULLER, G. W. **New food product development**. New York: CRC Press, 1994.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 1999-2000**. Florianópolis, 2000. p. 26-29.

JULIANO, O. B. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. 2nd ed. St. Paul, United States: The American Association of Cereal Chemists, Inc., 1994.

KAIMOTO, A. M.; FERREIRA, S. M. R. **Perfil da qualidade do arroz parboilizado adquirido num sistema de alimentação coletiva**. Revista Higiene Alimentar, São Paulo, v.15, n. 89, out. 2001.

KATO, T. et al. **Growth of nisin-producing lactococci in cooked rice supplemented with soybean extract and its application to inhibition of *Bacillus subtilis* in rice miso**. Bioscience: Biotechnology and Biochemistry, Nagoya, v. 65, n. 2, p. 330-337, 2001.

KULWINDER, K.; NARPINDER, S. **Amylose-lipid complex formation during cooking of rice flour**. Food Chemistry, Amritsan, v.71, n.4, p. 511-517, 2000.

LAUREYS, C. **A natural choice for texture rice derivatives**. Agro Food Industry hi-tech, Leuven-Wijgmaal, v. 10, n. 4, p. 9-11, 1999.

LEITÃO, S. P. **Manual de novos produtos e novos mercados**. Rio de Janeiro: SENAI-SP, 1987.

MAIA, L. H. et al. **Características químicas dos mingaus desidratados de arroz e soja**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 20, n. 3, set./dez. 2000.

_____; WANG, S. H.; ASCHERI, J. L. R. **Viscosidade de pasta, absorção de água e índice de solubilidade em água dos mingaus desidratados de arroz e soja**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.19, n. 3, set./dez. 1999.

MATTEI, C. A. **Os derivados de trigo desvendam os segredos da panificação**. Cooperativa Regional Alfa. Chapecó, [1999?]. Disponível em: <<http://www.cooperalfa.com.br>>. Acesso em: 4 mar. 2000.

MATZ, S. A. **Bakery technology and engineering**. 3rd ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

_____. **The chemistry and technology of cereals as food and feed**. . 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz**. Boletim da Comissão Técnica de Normas e Padrões, Brasília, DF, v. 09, n. 67, 1989.

MIZUTA, C. Y.; TOLEDO, J. C. **Caracterização e tendências do processo de desenvolvimento de produto alimentar: estudo de caso na indústria de biscoitos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 1999. Anais... Belo Horizonte: UFMG, 1999. p. 121 - 130.

MOUNSEY, J. S.; O'RIORDAN, E. D. **Characteristics of imitation cheese containing native starches**. Journal of Food Science, Chicago, v.66, n.4, p. 586-591, 2001.

MUKPRASIRT, A. et al. **Physicochemical and microbiological properties of selected rice flour-based batters for fried chicken drumsticks**. Poultry Science, Manhattan, v. 80, n. 7, p. 988-996, 2001.

OGLIARI, A.; BACK, N.; FORCELLINI, F. A. **Utilização da “Casa da Qualidade” no projeto conceitual de produtos e sua implementação computacional.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 1999, . Anais... Belo Horizonte: UFMG, 1999. p. 196 – 208.

PEREIRA, J. et al. **Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.19, n.2, maio/ago. 1999.

PLATA-OVIEDO, M. **Secagem do amido fermentado de mandioca: modificação química relacionada com a propriedade de expansão e características físico-químicas.** 1998. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

POLIGNANO, L. A. C.; DRUMOND, F. B.; CHENG, L. C. **Utilização dos mapas de percepção e preferência como técnicas auxiliares do QFD durante o desenvolvimento de produtos alimentícios.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 1999. Anais... Belo Horizonte: UFMG, 1999. p. 274 – 284.

RATH, N; JU, Z. Y.; HETTIARACHCHY, N. S. **Extraction, denaturation and hydrophobic properties of rice flour properties.** Journal of Food Science, Chicago, v. 66, n. 1, p. 229-232, 2001.

REMY INDUSTRIES NV. **New insights in the unique characteristics of rice derivatives.** Remy Industries NV, Leuven-Wijgmaal. [2001?]. Disponível em: <http://www.remy-industries.be/eng_remy.html>. Acesso em: 17 jan. 2001.

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

SAIYAVIT, Y.; SUJIN, S. **Comparative properties of cakes prepared from rice flour and wheat flour.** European Food Research and Technology, Bangkok, v. 211, n. 2, p. 117-120, 2001.

SARANTOPOULOS, I. A. et al. **Processo de transferência de tecnologia guiado pelo QFD.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 1999. Anais... Belo Horizonte: UFMG, 1999. p. 15 - 24.

SEO, E. J.; RYU, H. S.; KIM, S. A. **Physicochemical properties of jeung-pym (fermented rice cake) and influenced by processing conditions.** Journal of the Korean Society of Food and Nutrition, Pusan, v. 21, n. 1, p. 101-108, Ago. 1992. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/01681656>>. Acesso em: 30 jan. 2002.

SEUNG, T. L. et al. **Comparison of protein extraction solutions for rice starch isolation and effects of residual protein content on starch pasting properties,** Seoul, Out. 1999. Disponível em: <<http://www.europe.idealibrary.com/links/doi/10.1006/jcrs.1999.0374>>. Acesso em: 30 jan. 2002.

SIEBENHANDL, S. et al. **Studies on tape ketan – an Indonesian fermented rice food.** International Journal of Food Sciences and Nutrition, Vienna, Out. 2001. Disponível em: <<http://www.europe.idealibrary.com/links/doi/10.1006/jcrs.2001.0374>>. Acesso em: 30 jan. 2002.

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

_____; FAÇANHA, S. H. F. **Investigação da expansão da estrutura do amido de mandioca modificado por fermentação natural: efeito do teor de umidade e do grau de gelatinização.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1996, Poços de Caldas. Anais...Poços de Caldas: UFMG, 1996.

SILVA, M. A. **Caracterização e estudo do farelo de arroz parboilizado e polido da cultivar EPAGRI 108 sob diferentes tratamentos.** 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SILVEIRA, I. A. et al. **Aspectos gerais e microbiológicos da fermentação da fécula de mandioca para produção de polvilho azedo.** Revista Higiene Alimentar, São Paulo, v. 14, n. 68/69, p. 26-31, jan./fev. 2000.

SISTEMA agroindustrial do arroz. **Jornal do Povo.** Curitiba, 05 nov. 2001. Disponível em: <<http://www.jornaldopovo.com.br/arroz.htm#2>>. Acesso em: 21 nov. 2001.

TERAMOTO, Y. et al. **Production and characteristics of red rice sake.** J-Inst-Brew. London: The Institute, v. 100, n. 1, p. 3-6, 1994.

TREDUS, G. A. et al. **Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 21, n. 1, jan./abr. 2001.

UHLIK, F. **Gluten substitutes.** Uhlík, Eight Mile Plains, Jul. 2001. Disponível em: <<http://www.gluten.net/products.asp>>. Acesso em: 30 jan. 2002.

XIAN, Z. H.; HAMAKER, B. R. **Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown.** Journal of Cereal Science, W. Lafayette, Fev. 2002. Disponível em: <<http://www.europe.idealibrary.com/links/doi/10.1006/jcrs.2001.0374>>. Acesso em: 30 jan. 2002.

WANG, S. H. et al. **Influência da proporção arroz:soja sobre a solubilidade e as propriedades espumantes dos mingaus desidratados.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.20, n. 1, abr. 2000.

WEBERLING, F.; SCHWANTES, H. O. **Taxionomia vegetal.** São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1986.

WHISTLER, R. L.; PASCHALL, E. F. **Starch: chemistry and technology.** 2nd ed. New York: Academic Press, 1984.

WINQFD, version 1.0: software. Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, [2001]. Disponível em: <<http://www.emc.ufsc.br/nedip>>. Acesso em: 14 jul. 2001.

ANEXOS**TESTE DE ACEITABILIDADE****ESCALA HEDÔNICA**

Avalie cada amostra usando a escala abaixo para descrever o quanto gostou ou desgostou do produto.

- 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

AMOSTRA	VALOR

Comentários:
