

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia
Agroindustrial



Dissertação

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DE
FARINHAS MISTAS DE TRIGO, ARROZ E SOJA PARA
ELABORAÇÃO DE PÃES**

Ana Paula do Sacramento Wally

Pelotas, 2007

Ana Paula do Sacramento Wally

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DE FARINHAS MISTAS
DE TRIGO, ARROZ E SOJA PARA ELABORAÇÃO DE PÃES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial.

Orientador: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

Co-Orientador (es): Prof^ª. Dr^ª Márcia Arocha Gularte

Prof. Dr. Alvaro Renato Guerra Dias

Pelotas, 2007

Dados de catalogação na fonte:

(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

W215p Wally, Ana Paula do Sacramento

Propriedades físico-químicas e nutricionais de
farinhas mistas de trigo, arroz e soja para elaboração de
pães / Ana Paula do Sacramento Wally. - Pelotas,
2008.

90f. : il.

Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial.
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade
Federal de Pelotas. - Pelotas, 2008, Moacir Cardoso
Elias, Orientador; co-orientador Márcia Arocha Gularte
e Álvaro Renato Guerra Dias.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

Prof^a. Dr^a Márcia Arocha Gularte

Prof. Dr. Alvaro Renato Guerra Dias

Prof^a. Dr^a Leonor de Souza Soares

Prof. Dr. Pedro Luiz Antunes

A Jesus Cristo dedico.
Razão da minha vida, o motivo de toda minha alegria.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias, pelo carinho e incentivo que vieram acompanhados da orientação concedida no presente trabalho.

A Prof^ª. Dr^ª. Márcia Arocha Gularte, pela co-orientação, amizade e auxílio nas análises sensoriais e estatísticas.

Ao Prof. Dr. Álvaro Renato Guerra Dias pela co-orientação e apoio científico concedido.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

À CEREALE, pela doação da farinha de arroz utilizada no projeto.

Aos colegas do Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, pelo convívio, amizade e ajuda no desenvolvimento experimental.

À colega de Curso Elizabete Helbig, pela amizade, companheirismo e ajuda na execução do ensaio biológico.

Aos alunos da disciplina de Experimentação Animal da Faculdade de Nutrição da UFPel pela ajuda na execução do ensaio biológico.

À minha família, porque vocês são os instrumentos escolhidos por Deus para estarem comigo e porque sempre me apoiaram e torceram por mim.

As minhas amigas Vanessa Pestana, Aline Conrad e Gabriela Krüger pelo afeto, carinho, compreensão e sem deixar de lembrar dos finais de semanas cedidos na execução do ensaio biológico.

Aos meus Pastores Ana Paula e Sérgio Guimarães, por amarem a Deus ao ponto de fazerem com que vidas, como a minha, fossem alcançadas pelo delicioso e transformador amor de Deus.

Ao Ministério Casa de Oração, por proporcionarem-me um convívio familiar. Sou eternamente grata a Deus por conhecê-los.

E a você, meu amigo Jesus, por mudar a minha história e fazer o que ninguém podia imaginar. Você acreditou e isso é tudo!

Resumo

WALLY, Ana Paula do Sacramento. **Propriedades físico-químicas e nutricionais de farinhas mistas de trigo, arroz e soja para elaboração de pães**. 2007. 90f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Questões estruturais e de política agrícola nacional fazem com que o Brasil seja um dos maiores produtores de soja e arroz do mundo, mas ao mesmo tempo, um dos maiores importadores de trigo, especialmente para emprego na panificação. Desta forma, a utilização de farinhas sucedâneas para panificação provenientes da soja e arroz pode ser considerada como uma alternativa promissora para diminuição das importações do trigo no país. Objetivando estudar efeitos tecnológicos e nutricionais da substituição parcial da farinha de trigo por misturas de farinhas de arroz e soja, foram testadas 25 formulações de farinhas mistas contendo farinha de trigo, arroz e soja desengordurada, respectivamente nas proporções de 90:9:1, 90:8:2, 90:7:3, 90:6:4, 90:5:5, 80:18:2, 80:16:4, 80:14:6, 80:12:8, 80:10:10, 70:27:3, 70:24:6, 70:21:9, 70:18:12, 70:15:15, 60:36:4, 60:32:8, 60:28:12, 60:24:16, 60:20:20, 50:45:5, 50:40:10, 50:35:15, 50:30:20 e 50:25:25. As farinhas mistas foram avaliadas quimicamente quanto aos teores de proteínas, carboidratos, lipídeos, cinzas, fibras e umidade, sensorialmente através dos parâmetros de avaliação global e nutricionalmente através de balanço de nitrogênio, valor biológico, digestibilidade, quociente de eficiência protéica, quociente de eficiência líquida protéica, glicemia, colesterol e HDL. Os resultados indicam que a substituição de até 30% da farinha de trigo por mistura igualitária de farinhas de arroz e soja desengordurada melhora o valor nutricional dos pães, sem comprometer sua qualidade tecnológica e suas propriedades sensoriais.

Palavras-Chave: Panificação. Farinhas mistas. Valor nutricional.

Abstract

WALLY, Ana Paula do Sacramento. **Propriedades físico-químicas e nutricionais de farinhas mistas de arroz, soja e trigo para elaboração de pães.** 2007. 90f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Brazil, for structural conditions and national political is, import great amounts of wheat to use in the bread making. However, Brazil is considered one of the greater producing of soy and rice of the world. This way the use of soy and rice flours for bread making can be considered as a promising alternative for importing reduction of wheat. The aim of the work was study of technological and nutritional effects of the partial substitution of flour wheat for flour mixtures of rice and soy flours. In the study, flours had been valued flour mixtures of rice and defatted soy, were elaborated the fat in the ratios of 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 and 50:50 that had substituted the flour of wheat in 10, 20, 30, 40 and 50%. The mixing flours had been chemical evaluated how much to protein texts, carbohydrates, ethereal extract, leached ashes, staple fibers and humidity, sensorially through the parameters of global evaluation and nutritionally through the rocking of nitrogen, biological value, digestibilidade, quotient of proteic efficiency, quotient of liquid proteic, glicemic index, cholesterol and HDL. The results indicate that the substitution of up to 30% of the flour of wheat for equality flour mixture of rice and taken away the fat soy improves the nutritional value of breads, without compromising its technological quality and its sensorial properties.

Keywords: Bakery, mix flour, nutritional value.

Lista de Figuras

Figura 1	Curva consistográfica típica de farinha de trigo.....	16
Figura 2	Gráficos da alveografia típica de farinha de trigo.....	17
Figura 3	Ficha para análise sensorial das farinhas de arroz, soja e trigo.....	42

Lista de Tabelas

Tabela 1	Classificação da qualidade do trigo segundo o teor de proteínas.....	15
Tabela 2	Classificação de identidade e qualidade da farinha de trigo.....	19
Tabela 3	Composição de aminoácidos essenciais das farinhas de soja, trigo e arroz.....	35
Tabela 4	Escore da avaliação global para pães.....	43
Tabela 5	Composição química das farinhas originais de trigo, arroz e soja desengordurada.....	48
Tabela 6	Composição química das farinhas mistas.....	51
Tabela 7	Propriedades reológicas da farinha de trigo.....	53
Tabela 8	Absorção das farinhas de trigo, arroz, soja desengordurada e das farinhas mistas.....	55
Tabela 9	Formato, cor da crosta, aspecto de quebra da crosta e cor do miolo de pães elaborados com as farinhas de trigo, arroz e soja desengordurada.....	56
Tabela 10	Porosidade, pegajosidade do miolo e maciez da crosta de pães elaborados com as farinhas de trigo, arroz e soja desengordurada.....	59
Tabela 11	Odor, aroma e sabor de pães elaborados com as farinhas de trigo, arroz e soja desengordurada.....	61
Tabela 12	Avaliação global dos pães elaborados com as farinhas trigo, arroz e soja desengordurada	63
Tabela 13	Análise de Pearson entre os parâmetros químicos e sensoriais das farinhas mistas de trigo, arroz e soja.....	65
Tabela 14	Volume, peso e volume específico dos pães.....	66
Tabela 15	Formulação das dietas experimentais.....	69
Tabela 16	Composição centesimal das dietas experimentais.....	70
Tabela 17	Consumo de dieta e ganho de peso dos ratos alimentados com as dietas experimentais.....	70

Tabela 18	Resultados de balanço de nitrogênio, valor biológico, quociente de eficiência protéica, quociente de eficiência líquida protéica de ratos alimentados com as dietas caseína, trigo, aprotéica, mista 1, mista 2 e mista 3.....	71
Tabela 19	Composição de aminoácidos essenciais teórico das dietas mista 1, 2 e 3.....	73
Tabela 20	Índice glicêmico em ratos alimentados com as dietas de caseína, trigo, mista 1, mista 2 e mista 3, no início e final do experimento.....	76
Tabela 21	Colesterol total e HDL em ratos alimentados com as dietas de caseína, trigo, aprotéica, mista 1, mista 2 e mista 3.....	77
Tabela 22	Análise de Pearson entre os parâmetros químicos e nutricionais das farinhas mistas de arroz soja e trigo.....	79

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1. Propriedades tecnológicas na elaboração de pães.....	13
2.1.1. Farinhas na panificação.....	13
2.1.1.1. Farinha de trigo.....	13
2.1.1.2. Farinhas sucedâneas.....	19
2.1.1.2.1. Farinha de soja desengordurada.....	20
2.1.1.2.2. Farinha de arroz.....	21
2.1.2. Efeitos da adição das farinhas de soja desengordurada e de arroz nas características tecnológicas do pão.....	22
2.1.3. Ingredientes em panificação.....	25
2.1.4. Elaboração de pães.....	29
2.2. Propriedades sensoriais em pães.....	31
2.2.1. Características externas.....	32
2.2.2. Características internas.....	32
2.2.3. Sabor e aroma.....	33
2.2.4. Volume.....	34
2.3. Propriedades nutricionais em pães.....	35
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
3.1. Materiais.....	39
3.2. Métodos.....	39
3.2.1. Caracterização química e tecnológica das farinhas.....	39
3.2.1.1. Composição química.....	40
3.2.1.2. Propriedades reológicas.....	40
3.2.1.3. Atividade enzimática.....	40
3.2.1.4. Absorção de água das farinhas.....	40
3.2.2. Preparo das farinhas mistas.....	40
3.2.3. Elaboração dos pães.....	41
3.2.4. Análise sensorial.....	41
3.2.5. Avaliação física dos pães.....	43

3.2.6. Avaliação biológica.....	44
3.2.6.1. Ganho de peso.....	44
3.2.6.2. Consumo de dieta.....	44
3.2.6.3. Balanço de nitrogênio.....	44
3.2.6.4. Valor biológico.....	45
3.2.6.5. Digestibilidade verdadeira.....	45
3.2.6.6. Quociente de eficiência protéica (PER).....	46
3.2.6.7. Quociente de eficiência líquida protéica (NPR).....	46
3.2.6.8. Glicemia.....	46
3.2.6.9. Colesterol e HDL.....	47
3.2.7. Elaboração das dietas experimentais.....	47
3.2.8. Análise estatística.....	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1. Caracterização química e tecnológica das farinhas.....	48
4.2. Análise sensorial.....	55
4.3. Avaliação física dos pães.....	66
4.4. Ensaio biológico.....	68
4.4.1. Formulação das dietas.....	68
4.4.2. Composição centesimal das dietas.....	69
4.4.3. Consumo de dieta e ganho de peso.....	70
4.4.4. Balanço de nitrogênio, valor biológico, digestibilidade, quociente de eficiência protéica e quociente de eficiência líquida protéica.....	71
4.4.5. Glicemia.....	76
4.4.6. Colesterol e HDL.....	77
5. CONCLUSÕES.....	80
6. REFERENCIAS	81

INTRODUÇÃO

A avaliação dos hábitos alimentares da população brasileira demonstra que o consumo de alimentos altamente energéticos, ricos em carboidratos não estruturais e lipídeos, vem crescendo nos últimos anos, levando a uma queda pronunciada na qualidade nutricional das dietas já deficientes, em especial no que diz respeito ao balanceamento energético-protéico.

Esse fato tem gerado grandes problemas de saúde pública, principalmente quanto a doenças crônicas como hiperglicemia, hipertensão e doenças cardiovasculares, ocasionadas por sobrepeso e obesidade, detectadas na população de baixa renda com mais frequência.

Essa realidade mostra a necessidade premente de estudos que proporcionem melhorias na qualidade nutricional de produtos rotineiramente consumidos, a fim de ser evitado o surgimento de patologias decorrentes de alimentação inadequada, não segura.

O pão, por ser um dos alimentos de grande consumo e fazer parte da mesa da quase totalidade da população brasileira, é um produto potencial de investigação para enriquecimento nutricional.

Objetivou-se estudar efeitos da substituição parcial da farinha de trigo por farinhas mistas de arroz e soja na elaboração de pães, através da avaliação do desempenho de formulações obtidas sob os aspectos tecnológicos, sensoriais e nutricionais

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Propriedades tecnológicas na elaboração de pães

2.1.1 Farinhas na panificação

2.1.1.1 Farinha de trigo

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1996), entende-se por farinha de trigo o produto obtido pela moagem, exclusivamente, do grão de trigo *Triticum vulgare*, beneficiado.

De acordo com as suas características, a farinha de trigo é classificada em:

a) farinha integral – como o próprio nome indica, é o produto de grão integral com extração máxima de 95% e com teor máximo de cinzas de 1,75%;

b) farinha especial - produto obtido de grãos degerminados, com extração máxima de 20% e com teor máximo de cinzas de 0,39%,

c) farinha comum - produto obtido de grãos degerminados, com uma extração máxima de 78% ou com extração de 58%, após a separação dos 20% correspondentes à farinha de primeira. Por determinação do Governo Federal, deve ter teor máximo de cinzas de 0,85%. Para fins de panificação, a farinha de trigo comum pode ser adicionada de farinhas de outras origens.

d) sêmola - produto obtido pela trituração do trigo limpo e degerminado, compreendendo partículas que passem pela peneira nº. 20 e que sejam retidas pela peneira nº. 40;

e) semolina - produto obtido pela trituração do trigo limpo e degerminado, compreendendo partículas que passam pela peneira nº. 40 e que sejam retidas pela peneira nº. 60.

Segundo Salas-Melado (2003), a farinha de trigo comum é o ingrediente mais importante em panificação, devido à presença de glúten, que forma e mantém a estrutura da massa até a gelatinização do amido no cozimento, quando é formada a estrutura final do pão.

Das proteínas totais do trigo, 15% correspondem às globulinas e albuminas (não formadoras de glúten) e 85% à gliadina (alta extensibilidade e baixa elasticidade) e à glutenina (baixa extensibilidade e alta elasticidade), que são formadoras de glúten, sendo que a quantidade de proteínas totais no grão se situa entre 8 a 21% (SGARBIERI, 1996).

O entrelaçamento das proteínas, obtido da mistura com água e batimento da massa, resulta em uma rede elástica, responsável pela retenção dos gases formados durante o processo de fermentação da massa e por vapor d'água durante o processo de cocção, que dará o volume final do pão e a textura característica (EL-DASH, 1994; SILVA et al., 2004).

O amido, abundante no trigo, corresponde a 57% do grão, e é formado por dois componentes: amilose e amilopectina. Quando colocado em água e aquecido em temperaturas acima de 60°C sofre gelatinização (formação de pasta transparente e viscosa). Quando resfriado, as moléculas de amilose se agrupam através de pontes de hidrogênio, levando à formação de microcristais, num fenômeno conhecido como retrogradação. Este auxilia na manutenção da estrutura do pão no cozimento, ajudando a retenção dos gases produzidos durante a fermentação (HUG-ITEN et al., 2001).

Os lipídeos no trigo variam de 2 a 3,5%, em maior ou menor grau na farinha, dependendo do grau de extração. Os lipídeos participam na formação da massa de pão através das interações entre amido e proteínas, e ainda das proteínas entre si, gliadina e gluteninas (HOSENEY, 1991),

As enzimas presentes na farinha de trigo são alfa-amilase, beta-amilase e glucoamilase, as quais são responsáveis pelo rompimento das ligações glicosídicas do amido (hidrólise), pela diminuição da viscosidade e pela formação de açúcares pelas leveduras, durante o processo de fermentação (HOSENEY, 1994).

Segundo Guarienti (2004), a qualidade panificável da farinha de trigo está relacionada a características de processamento e qualidade dos produtos finais.

Para avaliação da qualidade da farinha de trigo é necessário verificar os potenciais qualitativos e quantitativos de suas proteínas, sendo que essas podem ser avaliadas qualitativamente por métodos químicos, bioquímicos e reológicos. Como métodos químicos utilizados, citam-se os testes de sedimentação de Zeleny e de Sulfato Dodecil de Sódio. A eletroforese de gliadinas e gluteninas e a PCR (Polymerase Chain Reaction) são os principais testes bioquímicos empregados pela pesquisa na seleção de variedades com bandas de boa qualidade de proteínas.

Quantitativamente, as proteínas podem ser avaliadas por vários métodos, sendo o método padrão, o macro Kjeldahl e o NIR (Near Infrared Reflectance) os mais utilizados (GUARIENTI, 1996).

O teor de proteínas do grão fornece dados sobre a qualidade da farinha de trigo, cujos valores estão diretamente relacionados com o seu destino para elaboração de produtos panificáveis (PARK & BAIK, 2004).

A tab. 1 apresenta a classificação da qualidade do trigo quanto ao seu teor protéico, segundo as normas de identidade e qualidade do trigo (BRASIL, 1999).

Tabela 1 - Classificação da qualidade do trigo segundo o teor de proteínas.

Classificação	Teor de proteína (% b.s.)
Muito baixa	$\leq 9,0$
Baixa	9,1 – 11,5
Média	11,6 – 13,5
Alta	13,6 – 15,5
Muito alta	15,6 – 17,5
Extra-alta	$\geq 17,6$

(% b.s.): porcentagem em base seca

A avaliação reológica da farinha de trigo é de vital importância, pois ajuda a prever as características de processamento da massa e a qualidade dos produtos finais. A reologia também desempenha importante papel no controle de qualidade e na especificação de ingredientes dos produtos elaborados (RAO, 1993).

Segundo Neitzel (2006), as análises reológicas se baseiam em métodos que estudam o comportamento das massas frente a um trabalho mecânico. Entre as determinações disponíveis para avaliar as propriedades da massa e definir o uso final da farinha de trigo na panificação, constam as características de mistura

(farinografia e mixografia), de extensão (extensografia, alveografia e consistografia), de viscosidade (número de queda, viscoamilografia) e de produção ou retenção de gás (reofermentometria e maturografia).

A consistografia consiste na determinação da quantidade de água que deve ser adicionada à massa para que ela alcance uma pressão desejada de 2200 milibares. Para isso, o equipamento denominado consistógrafo registra a pressão que a massa exerce ao entrar em contato com um sensor. A absorção ideal da farinha de trigo é determinada quando essa pressão é atingida (QUIRCE et al., 2002).

A Fig. 1 apresenta uma curva consistográfica típica de farinha de trigo.

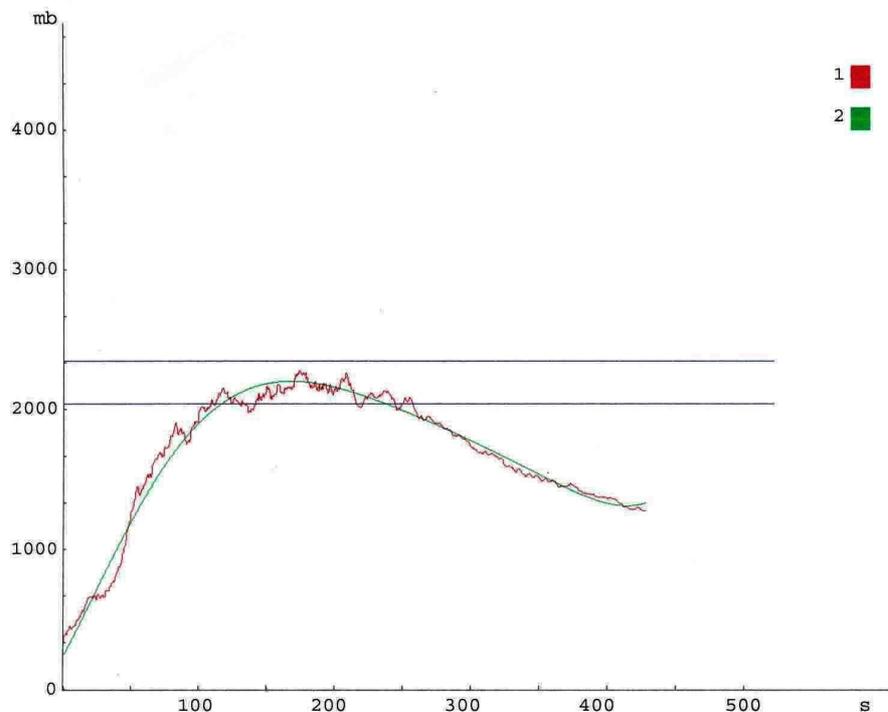


Figura 1 – Curva consistográfica típico de farinha de trigo (CALAVERAS,1996)

A alveografia visa determinar as características mecânicas da massa, e é executada pelo equipamento denominado alveógrafo. O ensaio consiste na preparação da massa (com absorção de água determinada na consistografia) de farinha e cloreto de sódio sob condições específicas. Com ela são preparadas cinco porções de massa, com espessura determinada. Após um período de repouso, as porções de massa são infladas, fazendo uma bolha até que se rompa, de maneira que a massa se submeta a uma extensão biaxial. A variação de pressão dentro da

bolha é registrada em um gráfico, que é a média das cinco curvas obtidas pelo inflamento dos cinco pedaços de massa. Os parâmetros obtidos nos alveogramas são: elasticidade ou tenacidade (P), extensibilidade (L) e energia de deformação da massa (W) (QUIRCE et al., 2002).

A elasticidade indica a habilidade que a rede de glúten tem de reter os gases produzidos na fermentação, enquanto a extensibilidade indica a capacidade da massa à extensão durante a fermentação, ou seja, sua capacidade de se esticar sem romper a massa, enquanto que o quociente P/L é a relação entre tenacidade e extensibilidade. A energia de deformação da massa mede o trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura (GUTKOSKI & NETO, 2002). Farinha de trigo adequada para uso em pães deve ter um conteúdo mínimo de proteína de 12%, um W real entre 220 e 300 e relação P/L próxima a 1,20 (BRASIL, 1999).

Na Fig. 2 são apresentados alveogramas típicos de farinha de trigo.

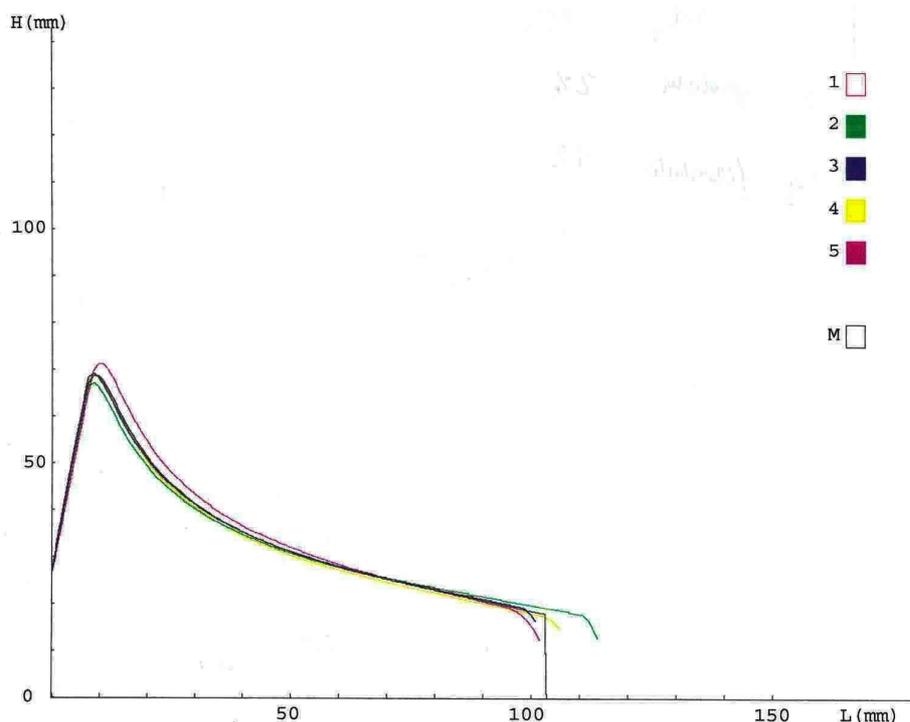


Figura 2 – Curva alveográfica típicos da farinha de trigo (CALAVERAS, 1996)

O teste do número de queda ou falling number tem por finalidade verificar a atividade da enzima α -amilase do grão, a fim de detectar danos causados pela germinação na espiga. A ocorrência de chuvas por ocasião da colheita pode levar os grãos de trigo a iniciar o processo germinativo, que traz como conseqüência a

deterioração do grão em níveis que podem comprometer sua utilização industrial. Com o início da germinação, ocorre um incremento na atividade das enzimas α -amilase. Esse acréscimo de produção de α -amilase provoca a sacarificação das moléculas de amido durante o processo de fabricação de pão, resultando em pães com textura interna pegajosa e úmida. Por outro lado, a baixa atividade da enzima α -amilase afeta negativamente a panificação resultando em produto final com textura interna seca e quebradiça (NEITZEL, 2006).

A baixa atividade enzimática não constitui um problema de difícil solução. Os melhoradores utilizados em panificação apresentam, em sua formulação, enzimas α -amilásicas fúngicas, com a finalidade de correção dessa deficiência na farinha (GUARIENTI, 2004).

O método de avaliação do número de queda ou falling number se baseia na gelatinização rápida de uma suspensão aquosa de farinha, seguida da degradação do amido da amostra pela enzima α -amilase, ocasionando uma perda de viscosidade. Essa perda é avaliada pelo tempo de queda de uma haste metálica no interior do gel, que pode ser relacionada à atividade da enzima (CALAVERAS, 1996).

A α -amilase tem a capacidade de romper ligações de glicose ligadas na posição alfa de polímeros de amido. Esta enzima presente na farinha de trigo, em quantidades adequadas, pode auxiliar no processo de produção de gás para fermentação da massa de pão, porque as leveduras utilizam a glicose como substrato para produção de gás, e com a liberação da glicose a ação das leveduras é beneficiada (HUG-ITEN, 2001).

Na tab. 2 está apresentado a classificação segundo o regulamento técnico para identidade e qualidade da farinha de do trigo segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento pela Instrução Normativa nº1, de 27 de janeiro de 1999 (BRASIL, 1999).

Tabela 2 - Classificação de identidade e qualidade da farinha de trigo (BRASIL, 1999).

Produto	W ⁽¹⁾	P/L ⁽²⁾	Falling Number ⁽³⁾
Bolo	50 -100	0,40 – 2,00	> 150
Biscoito	50 - 150	0,40 – 2,00	> 150
Pão francês	180 - 250	0,50 – 1,20	200 – 300
Uso doméstico	150 - 220	0,50 – 1,00	200 – 300
Pão de forma	220 – 300	0,50 – 1,20	200 – 300
Massas alimentícias	> 300	1,00 – 3,00	> 250

(1) Força do glúten expresso em 10⁻⁴J

(2) Relação entre tenacidade (P) e extensibilidade (L)

(3) Falling Number expresso em segundos

2.1.1.2. Farinhas sucedâneas

A utilização de farinhas mistas na panificação é prática corrente, e é realizada com os mais variados objetivos. Na década de 60, objetivava a substituição parcial da farinha de trigo para a redução das importações desse cereal. Atualmente, as pesquisas com farinhas mistas estão mais direcionadas para a melhoria da qualidade nutricional de produtos alimentícios e para suprir a necessidade dos consumidores por produtos diversificados (TIBURCIO, 2000). A redução das importações de trigo ainda continua sendo um dos objetivos buscados.

As farinhas de arroz e soja têm sido utilizadas como substituintes parciais da farinha de trigo na produção de produtos de panificação com o objetivo de prover-lhe de melhorias nutricionais (MOHAMED, 2006).

Apesar da farinha de trigo representar boa fonte de nutrientes, ela é considerada nutricionalmente pobre, pois suas proteínas são deficientes em aminoácidos essenciais como lisina e treonina. A farinha de soja contribui significativamente para um equilíbrio nutricional, pois apresenta bom balanceamento de aminoácidos essenciais, possuindo apenas deficiência dos aminoácidos sulfurados cistina e metionina, porém apresenta considerável quantidade do aminoácido lisina, fazendo com que a soja se torne um potencial enriquecedor da farinha de trigo (DHINGRA & JOOD, 2001).

O arroz é uma importante fonte de calorias e proteínas na alimentação humana (SOTELO et al., 1990), além de contribuir significativamente no suprimento de alguns minerais da dieta (AMATO & ELIAS, 2005). Apesar da deficiência em lisina, o arroz apresenta, entre os cereais, o teor mais elevado deste aminoácido (LASZTITY, 1994).

Estudos realizados por Steinke & Hopkins (1983), Bakar & Hin (1984) e Segura et al. (1988) demonstram benefícios da combinação entre arroz e soja em determinadas proporções por causa da complementação mútua de aminoácidos. Similarmente, Dhingra & Jood (2001) relatam melhorias nutricionais em pães elaborados com farinha de trigo suplementada com farinhas provenientes de uma fabácea e de uma poácea, cujas expressões nutricionais são semelhantes à combinação entre soja e arroz.

O desenvolvimento de pães com farinhas de arroz e soja desengordurada oferece vantagens nutricionais a este tipo de produto. No entanto estas farinhas não têm a habilidade de formar a rede de glúten necessária para reter o gás produzido na fermentação, isto porque nenhuma delas contém as proteínas gliadina e glutenina responsáveis pela formação do glúten (EL-DASH, 1994; DENARDIN, 2005; LORIMER et al., 1991; MOHAMED et al., 2006).

As proteínas da farinha de soja são em maioria globulinas (SGARBIERI, 1996), enquanto as da farinha de arroz são as glutelinas que representam 80% da proteína total e as prolaminas que representam de 3 a 5% (HOSENEY, 1991). Por este motivo, vários fatores devem ser considerados na utilização de farinhas mistas para produção de alimentos.

As características das farinhas sucedâneas devem ser tecnologicamente estudadas, assim como suas propriedades funcionais, para reduzir ao máximo os defeitos da substituição e assim obter alimentos com cor aceitável, sabor agradável e boa textura (BARBOSA, 2002), além das vantagens nutricionais.

2.1.1.2.1. Farinha de soja desengordurada

A farinha de soja desengordurada é normalmente um co-produto da indústria de extração de óleo. Essa farinha pode ser considerada como um dos mais

importantes produtos industrializados da soja, pelo fato de ser largamente utilizada no enriquecimento protéico de diversos alimentos (EL-DASH, 1994).

Após a trituração ou moagem, os fragmentos de grãos de soja são tratados com vapor e laminados, estando o produto apto à operação de extração com solvente, que normalmente é a hexana. Após extração do óleo, a parte protéica corresponde ao farelo ou a soja desengordurada, e essa fração contém 30% de solvente residual, o qual deve ser removido devido a seu alto custo e também porque o resíduo de hexana é inflamável e confere sabor e odor desagradáveis. Desta forma, a farinha de soja é dessolvetizada. Após esta etapa, a farinha pode ser cozida ou tostada e logo resfriada, ou pode diretamente passar pelo resfriador sem sofrer tratamento térmico. Quando a farinha passa diretamente da dessolvetização para o resfriamento, chama-se farinha de soja desengordurada branca e possui alta atividade enzimática e alta dispersabilidade da proteína em água (MORRETO, 1989).

A seguir, a farinha de soja desengordurada é moída de maneira que 97% das partículas passem por uma peneira de 0,149 mm. Quanto às características químicas, a farinha de soja desengordurada apresenta aproximadamente 50% de proteína, 2,0% de lipídeos, 6,5% de cinzas, 4,0% de fibra e 9,0% de umidade. A cor da farinha de soja desengordurada varia de bege a marrom clara. (EL-DASH, 1994).

Quando a parte protéica for destinada ao consumo humano, é conveniente que os grãos sejam descascados e selecionados antes da moagem ou trituração e laminação (ELIAS, 2006).

2.1.1.2.2. Farinha de arroz

Segundo a Anvisa (Brasil, 2007), farinha de arroz é o produto obtido pela moagem do grão de arroz (*Oryza sativa*, L.), beneficiados.

Quando o arroz é submetido ao beneficiamento industrial, uma parcela de grãos quebra, gerando quatro frações: os quebrados grandes ou canjicões, os quebrados médios ou canjicas, os quebrados pequenos ou canjiquinhas, e a quirera. O beneficiamento convencional de industrialização de arroz branco polido, que representa cerca de 70% da produção e do consumo nacional, é o método que

apresenta maior percentual de grãos quebrados durante o processamento (CARDOSO, 2003; ELIAS & FRANCO, 2006).

Uma alternativa possível para agregar valor aos grãos quebrados é a sua utilização na produção de farinha de arroz. Essa possibilidade, além de poder agregar valor a um co-produto bastante disponível no Brasil, pode também reduzir os gastos de divisas do país na importação de trigo, o que melhoraria o desempenho da balança comercial brasileira.

O consumo nacional de trigo está em torno de 10 milhões de toneladas, para uma produção de apenas 6 milhões de toneladas, sendo a diferença importada, principalmente, da Argentina, Estados Unidos e Canadá, enquanto que o Brasil produz cerca de 90% do arroz que consome, portanto, mais próximo da auto-suficiência na produção de arroz do que de trigo (CONAB, 2006).

A farinha de arroz pode ser obtida através da moagem dos grãos polidos inteiros ou dos quebrados obtidos do processo de beneficiamento industrial do arroz. A moagem consiste no cisalhamento dos grãos em rolos raiados, para lhes reduzir a granulometrias menores do que 250 μm . Através do peneiramento há remoção de partículas com granulometrias maiores, garantindo um produto dentro dos padrões tecnológicos, com redução e/ou eliminações de sujidades ou focos de contaminação microscópica (CARDOSO, 2003; ELIAS & FRANCO, 2006). Para Machado (1996), a farinha de arroz deve ter diâmetro inferior a 195 μm para apresentar boas propriedades para panificação.

A farinha de arroz possui coloração branca, aroma e sabor suaves. Segundo Tredus et al. (2001), a farinha de arroz apresenta composição química aproximada de 85% de carboidratos, 7% de proteína, 0,90% de lipídeos, 0,80% de cinzas e 6% de umidade, enquanto a legislação vigente (BRASIL, 1978) regulamenta que a farinha de arroz apresente especificações somente em relação ao teor protéico e a umidade, cujos valores são respectivamente 6,0% no máximo e 13,0% no mínimo.

2.1.2. Efeitos da adição das farinhas de soja e de arroz nas características tecnológicas do pão

O uso das farinhas de soja desengordurada e de arroz em panificação possibilita o enriquecimento e o equilíbrio protéico no pão (LORIMER, 1991;

SGARBIERI, 1996; MOHAMED, 2006), porém, além das mudanças nutricionais, ocorrem também várias alterações tecnológicas no pão, como as descritas a seguir.

a) Efeitos nas características da massa

Características da massa, como absorção de água, tempo de mistura, estabilidade da massa e propriedades de extensão são afetadas pela adição das farinhas de soja e de arroz em pães (EL-DASH, 1994; HAVET et al., 2000; ROUILLÉ et al, 2000).

A absorção de água é um fator de grande importância na elaboração da maioria dos produtos de panificação. Ela é influenciada por vários fatores, como quantidade de proteínas, quantidade de amido danificado durante a moagem, granulometria da farinha e ingredientes adicionados (CALAVERAS, 1996; QUAGLIA, 1991).

O amido, que representa 68% da farinha de trigo, absorve em torno de 45% de água total da massa, ou seja, aproximadamente 66mL de água por grama de amido, enquanto as proteínas, que correspondem a 14%, absorvem em torno de 33% da água, correspondendo a aproximadamente 235mL de água por grama de proteína. Isto quer dizer que as proteínas absorvem maior quantidade de água em relação ao seu peso do que o amido. Desta forma, aumentando-se a quantidade de proteína na formulação, aumentar-se-á a absorção de água, segundo El-Dash (1994), que encontrou absorção de água de 55,7, 58,3, 60,4 e 60,0% de água para farinha de trigo pura, com 5, 10 e 15 % de substituição pela farinha de soja desengordurada,.

Segundo Mohamed et al. (2006), a adição de proteína de soja em pães aumenta a absorção de água da massa em virtude do aumento da quantidade de proteína na formulação. Este fato já havia sido registrado por Mizrahi et al. (1967) e Yanez (1982).

Tredus et al. (2001), utilizando farinha de arroz reconstituída de vital glúten para elaboração de pães, verificam que a farinha de arroz apresenta maior absorção de água do que a farinha de trigo. Este fato deve estar relacionado às diferenças estruturais entre os grânulos de amido do arroz e do trigo, e não ao teor protéico dos mesmos, como é o caso da farinha de soja desengordurada.

Tempo de mistura é o tempo requerido para que a massa passe de pegajosa a lisa, fazendo com que ela permaneça neste processo até formação de uma estrutura elástica, sendo capaz de formar uma película ao ser esticada (ponto de véu), e se, porém, o tempo for ultrapassado, a massa irá perder sua estrutura, ficando pegajosa e sem elasticidade (QUAGLIA, 1991).

Quando há a adição das farinhas de soja desengordurada e de arroz à farinha de trigo, o tempo de mistura da massa aumenta porque a energia requerida para a formação da massa é maior, em função da diluição das proteínas formadoras do glúten (EL-DASH, 1994; TREDUS et al. 2001; MOHAMED, 2006).

A qualidade tecnológica da massa é caracterizada por sua extensibilidade e elasticidade. Estas propriedades dependem da estrutura do glúten. A elasticidade indica a habilidade que a rede de glúten tem de reter os gases produzidos na fermentação, enquanto a extensibilidade indica capacidade de crescimento da massa durante a fermentação (GUTKOSKI, 2002).

Com a adição de quantidades crescentes de farinhas isentas de glúten, têm-se valores decrescentes de extensibilidade, porque a massa se torna menos capaz de esticar-se, rompendo sua estrutura mais facilmente (YLIMAKI et al., 1988; MACHADO, 1996; TREDUS, 2001).

b) Efeitos na fermentação

A fermentação da massa é uma etapa que confere volume, textura e aroma ao pão, antes de este ir ao forno. Na fermentação, há a transformação de parte dos açúcares da massa em gás carbônico e álcool, sendo importante que a produção e a retenção dos gases ocorram em tempo ótimo de operação. (HOSENEY, 1994, CALAVERAS, 1996; QUAGLIA, 1991).

A produção de gás é influenciada por vários fatores, como aumento da concentração de fermento, adição de açúcares, presença de açúcares fermentescíveis na farinha, quantidade adicionada ou presente de α -amilase na farinha, quantidade de amido danificado e temperatura de fermentação. A retenção de gás, por sua vez, é influenciada por fatores como tempo de mistura, expansão da massa, sova e elasticidade (HOSENEY, 1994).

A adição de farinha de soja desengordurada à farinha de trigo diminui a quantidade proporcional de amido, com isso diminuindo a quantidade potencial de açúcares disponíveis para a produção de gás. Para voltar a obter maior produção de gás, é necessária a adição de maior quantidade de fermento, açúcar e malte diastásico com aumento do tempo de fermentação, para que a massa alcance um volume adequado (EL-DASH, 1994). Já com adição de farinha de arroz à farinha de trigo, o inverso acontece. Aumenta-se a quantidade proporcional de amido na massa, e com isso aumenta a quantidade potencial de açúcares disponíveis para a produção de gás na fermentação.

O tempo de fermentação é um fator muito importante no método de panificação. Nesta etapa, a massa cresce como resultado da ação da levedura e sua produção de gases. Quando o glúten está bem desenvolvido, este é capaz de formar uma parede em torno de cada célula de gás que está sendo formada, reagindo às pressões desenvolvidas sem que haja ruptura da massa (HOSENEY, 1994; QUAGLIA, 1991; EL-DASH, 1994; CALAVERAS, 1996).

Quando o tempo de fermentação é otimizado, são obtidos os máximos de produção e retenção de gás, resultando em pão de volume desejável, melhores granulometria do miolo, textura e cor da crosta. Com a diminuição do açúcar, diminui também a produção de gás num período de tempo padrão determinado para fabricação do pão. Com adição de farinha de soja desengordurada, por este motivo, é necessário aumentar o tempo de fermentação para tentar produzir o mesmo volume (EL-DASH, 1994, MACHADO, 1996).

2.1.3. Ingredientes em panificação

Grande parte dos produtos de panificação é composta por diversos ingredientes, que desempenham funções, em maior ou menor grau, no processo de formação da massa. Embora os constituintes possam variar em grau de importância no processo de fabricação, todos eles possuem função determinada. Muitas vezes, a maior ou menor importância desses ingredientes está associada à sua quantidade adicionada à massa, o que é uma função da formulação e, em última análise, do tipo de produto que está sendo fabricado. Para a produção de pão, os ingredientes

podem ser divididos em dois grandes grupos: os essenciais (farinha de trigo, água, fermento e sal) e os não essenciais (açúcar, gordura, leite, enzimas e outros).

Juntamente com a farinha de trigo, a levedura e o sal, a água faz parte do grupo de ingredientes primários sem os quais não seria possível a formação da massa de pão. As propriedades viscoelásticas da massa são refletidas nas características gerais do pão, e podem ser total ou parcialmente determinadas pelo nível de absorção de água pela farinha de trigo durante a mistura (SALAS-MELADO, 2003).

A adição de água à massa permite a hidratação das proteínas do glúten, gliadina e glutenina. Estas proteínas, apesar de estarem como componentes separados na farinha de trigo, interagem para formar o glúten, durante a hidratação da massa. A glutenina apresenta grande quantidade de ligações dissulfeto intemoleculares e intramolecular. A gliadina apresenta somente ligações dissulfeto intramoleculares. A complexação decorrente da hidratação e da manipulação física da farinha resulta na formação do glúten. Essa complexação envolve a quebra de algumas ligações dissulfeto e a formação de novas ligações. Além das ligações dissulfeto, ocasionando ligações proteína-proteína, as interações hidrofóbicas, ligações de hidrogênio e as ligações iônicas também vão propiciar importantes papéis no desenvolvimento da massa (CALAVERAS, 1996).

A água desempenha outras funções no pão, como hidratação do amido, controle da consistência, temperatura da massa, solubilização de sais, ativação da ação enzimática, controle da maciez e palatabilidade do pão (AQUARONE, 1983). A água também carrega consigo muitos sais minerais como carbonatos, cloretos, nitratos e sulfatos - que desempenham importante papel na ação das leveduras, influenciadas também pelo pH (EL-DASH et al., 1983).

O fermento biológico é o produto obtido de culturas puras de leveduras, por procedimento tecnológico adequado, e empregado para dar sabor próprio e aumentar o volume e a porosidade dos produtos forneados.

A levedura que atua na fermentação da massa é a *Saccharomyces cerevisiae*, que consome os açúcares fermentescíveis disponíveis na massa e os transforma em álcool, gás carbônico e outros compostos orgânicos. Esta fermentação, denominada alcoólica, ocorre de forma ideal em condições de

temperatura controlada a 32°C. A ação da levedura se inicia a 7°C, podendo ocorrer a fermentação láctica (20°C) e a fermentação butírica (35°C). Por isso, é necessário um rígido controle de temperatura, para que não se desenvolvam compostos indesejáveis dentro da massa. O início precoce da fermentação (ainda na etapa de mistura) pode provocar uma estrutura de miolo heterogênea, com bolhas grandes, devidas à formação de dióxido de carbono. Para reduzir ao máximo esta formação, é necessário que a massa incorpore a maior quantidade de ar possível na etapa da mistura e que sua temperatura fique em torno de 25°C (SALAS-MELADO, 2003).

O sal tem grande influência em três aspectos da panificação. 1) melhora a cor do miolo e o sabor; 2) contribui para o fortalecimento do glúten, dando mais força à farinha, porque uma das proteínas formadoras do glúten, a gliadina, tem menor solubilidade em solução salina, proporcionando uma massa com maior quantidade de glúten; 3) o sal controla a ação do fermento. A ausência de sal na massa permite que o fermento atue rapidamente, esgotando os açúcares presentes e produzindo um pão de crosta muito clara. Por outro lado, um excesso de sal retarda muito a ação do fermento, produzindo um produto com a crosta muito escura (EL-DASH, 1994; SILVA et al., 2003)..

A gordura utilizada para panificação pode se apresentar no estado líquido, semi-sólido, ou sólido à temperatura ambiente. As gorduras hidrogenadas têm sido as mais utilizadas, pois são de fácil manuseio, conservação e conferem melhores características tecnológicas em panificação (EL-DASH, 1994; PEREIRA, et al., 2004).

As principais funções desempenhadas pelas gorduras quando adicionadas à massa de pão são: 1) melhorar as propriedades de expansão da massa; 2) ajudar a massa a reter melhor os gases devido à capacidade de aprisionar o ar; 3) contribuir para formar um miolo de textura mais suave, além de produzir uma crosta mais fina e macia, pois previne a formação de uma forte estrutura do glúten, em virtude de sua propriedade de se entrelaçar na rede de glúten, tornando o produto mais macio; 4) aumentar o tempo de conservação dos pães; 5) aumentar o valor calórico do pão (PEREIRA, et al., 2004).

O açúcar na massa pode ser proveniente da própria farinha, ser adicionado na formulação ou ser resultante da degradação do amido pelas enzimas. A principal

atuação do açúcar é no processo de fermentação, onde o fermento transforma estes em gás carbônico e álcool, conferindo volume ao pão. O açúcar é também capaz de proporcionar a cor dourada característica da crosta dos pães bem como contribuir para o aroma e sabor do produto final (EL-DASH, 1994; ESTELLER, et al., 2004).

A farinha de trigo apresenta diferentes respostas panificáveis devido principalmente a sua quantidade e à qualidade protéica, que pode estar relacionada à sua composição química ou à adição de farinhas sucedâneas à de trigo.

Essa qualidade na maioria das vezes é refletida na capacidade de retenção de gases produzidos na fermentação, a qual, se realizada com eficiência, produzirá produtos com volume expressivo e textura adequada. Caso contrário, a fraca estrutura protéica da farinha diminuirá a retenção de gás na massa e favorecerá a formação de estrutura compacta e baixo volume (BORGES, et al. 2006).

Existem, no entanto agentes melhoradores da farinha que podem ser adicionados à massa com o objetivo de aumentar a capacidade de retenção de gás, os quais podem ser agentes oxidantes, emulsificantes, enzimas, espessantes, ácidos, entre outros (QUAGLIA, 1991; GUJRAL, et al. 2003).

Dentre os espessantes, aparecem gomas, que são amplamente utilizadas como aditivos na tecnologia de alimentos e têm como funções a melhoria da textura, retardamento da retrogradação do amido, o aumento da retenção de água, enfim, a melhoria da qualidade, em geral, dos produtos de panificação. O principal efeito produzido pelas gomas é o atraso da retrogradação da amilose pela formação de complexos entre os hidrocolóides e as cadeias da amilose (ROJAS, et al. 1998; SHARADANANT & KHAN, 2003).

A goma xantana, um heteropolissacarídeo resultante da fermentação da glicose pela *Xanthomonas campestris*, pode auxiliar na retenção de gás em pães, onde o amido gelatinizado se combina com a goma para formar um complexo tridimensional capaz de reter gás (CHRISTIANSON et al., 1981; GUARDA, et al., 2003).

Rosell et al. (2001), ao estudarem o efeito de diferentes hidrocolóides na reologia de massas e na qualidade de pães, concluíram que a utilização de goma xantana e de alginato promovem o fortalecimento de massas, tornando-as adequadas a processos de longa fermentação.

2.1.4. Elaboração de pães

A primeira fase da elaboração de uma massa de pão consiste em misturar farinha, água e demais ingredientes, que variam conforme o tipo de elaboração e produto que se queira obter. Durante a preparação da massa, a farinha absorve a água, cuja intensidade depende de diversos fatores, como granulometria da farinha, ingredientes, conteúdo protéico, qualidade e umidade da farinha (QUAGLIA, 1991).

No processo de formação da massa, as proteínas interagem entre si para formar um corpo visco-elástico, fenômeno atribuído a gliadina e glutenina que na presença de água se combinam para formar o glúten, substância que por sua elasticidade e impermeabilidade à gordura tem uma função fundamental nas características do pão (BOBBIO & BOBBIO, 2001).

Durante a fase de formação da massa, ocorrem outros fenômenos menos importantes do que a hidratação. É o caso dos processos de oxi-redução, que são favorecidos por presença de água, temperatura e pH adequados, permitindo a formação de ligações dissulfeto com a oxidação dos grupos tiol presentes nas moléculas de proteína que formam o glúten, e que são hidrossolúveis. A formação destas ligações confere à rede de glúten maior resistência e maiores propriedades reológicas à massa (CALAVERAS, 1996).

Após esta operação, a massa de pão é conduzida para o processo de fermentação, porém antes mesmo desta etapa, a levedura já é ativada, isto porque quando é misturada à massa e dissolvida na água, produz gás, o qual é liberado para a massa ficando retido pela matriz do glúten (CALAVERAS, 1996; GUTKOSKI, 2002).

Porém, só depois de algum tempo, sinais visíveis de fermentação são percebidos. O período de fermentação é dado como completo quando o glúten alcança o ponto desejado de extensibilidade. Muitos panificadores controlam o tempo de fermentação ajustando as condições ótimas de temperatura e umidade. A velocidade da fermentação está relacionada principalmente com a temperatura, isto porque a levedura é mais ativa entre 25 - 35°C, assim como as enzimas da farinha (BOBBIO & BOBBIO, 2001).

O controle de umidade mantém a massa úmida, evitando que a superfície da massa fique seca e que se forme uma película, a qual poderá proporcionar a formação de uma casca e buracos na superfície do produto assado. Durante a fermentação, a temperatura da massa aumenta principalmente no centro devido às leveduras e enzimas. As enzimas tornam-se ativas durante esse período. A amilase libera maltose dos amidos danificados e as enzimas proteolíticas degradam a proteína, tornando-a macia (QUAGLIA, 1991).

É essencial que haja açúcar para a levedura ter ação final. É importante também que o açúcar esteja em excesso ao exigido pela fermentação de forma que permaneça na massa para dar uma cor característica, devido à caramelização durante o cozimento e um sabor desejado para consumo. Outra exigência é que as condições das proteínas sejam tais que permitam a retenção desses gases dentro da estrutura. Se a massa for excessivamente fermentada, a estrutura da proteína provavelmente será deteriorada, o que pode significar que a massa tenha que assar antes que a fermentação ótima seja atingida. Caso isso aconteça, sinais visíveis de colapso aparecerão assim que o calor for aplicado (HAYMAN et al., 1998).

Nesse estágio, é importante que uma película não seja formada na superfície da massa, porque poderia não produzir uma cor desejada durante tempo e temperatura normais de cozimento, por este motivo a fermentação necessita de condições de temperatura e tempo controladas (QUAGLIA, 1991, CALAVERAS, 1996).

Assim que a massa atinge a fermentação desejada, a mesma é colocada no forno, onde uma rápida sucessão de mudanças acontece. O aquecimento do forno penetra gradualmente até o centro da massa. Em consequência, mudanças rápidas ocorrem em tempos variados durante o forneamento. A temperatura aumenta em cada parte do pão quando esse é assado, sendo que a massa no seu interior alcança a temperatura de 100°C, e a crosta externa chega à temperatura próxima a 130 - 140°F (temperatura do forno). Nesta fase, a levedura que ainda estava produzindo gás, paralisa sua atividade, devido sua morte (CALAVERAS, 1996).

Este gás e os já retidos na estrutura da massa expandem com a temperatura, fazendo com que a massa cresça cujo processo usualmente é denominado de "oven spring" que quer dizer crescimento no forno. As enzimas são

inativadas a partir de 60°C. Até essa temperatura a produção de açúcares continua o que ajuda no desenvolvimento da cor da crosta. A atividade enzimática é ajudada porque alguns amidos são gradualmente gelatinizados nessas condições, e se tornam mais suscetíveis à ação da amilase, ajudando a manter a doçura da crosta (CALAVERAS, 1996).

Só pequena proporção é atacada pelas enzimas porque a gelatinização acontece pouco antes das enzimas serem inativadas. Quando o calor é aplicado no amido, a água contida na célula expandirá até a parede celular romper, cujo resultado é conhecido como gelatinização do amido. A proporção de água na massa não é suficiente para a gelatinização completa acontecer. Se isso acontecesse o pão teria consistência de um recheio de torta (HUG-ITEN et al., 2001).

Quando as enzimas são inativadas, as proteínas se coagulam para estabelecer a estrutura final do pão e toda a atividade de levedura, enzimas e expansão de gases cessam. Enquanto essas mudanças acontecem gradualmente até o centro do produto, a cor da crosta gradualmente se desenvolve.

A cor da crosta não se desenvolve puramente pela caramelização. Ela resulta de reações de uma mistura complexa de açúcar, dextrose e proteínas solúveis e quantidade de umidade no início do cozimento. Se o forno for muito seco, a crosta será seca e tornar-se-á grossa e sem brilho. Excesso de umidade pode fazer com que a crosta fique pegajosa no final do período de cozimento. Se o forno for insuficientemente aquecido, a levedura atuará por mais tempo, e o crescimento será excessivo, o que exigiria mais tempo para desenvolver a cor da crosta, ocorrendo muita evaporação da água. Se o forno for muito quente, a crosta do pão tornar-se-á escura e grossa antes do centro estar cozido evitando a penetração do calor, o que atrasaria também o cozimento do centro do pão, além de afetar a expansão do gás e o crescimento do pão no forno (QUAGLIA, 1996).

2.2. Propriedades sensoriais em pães

A qualidade sensorial do pão é avaliada através de suas características externas, internas, sabor e aroma. As características externas estão relacionadas com o volume, a cor da crosta, a simetria e a quebra da crosta; as características

internas estão relacionadas com aspecto da crosta, a cor do miolo, estrutura da célula do miolo e maciez ou textura.

2.2.1. Características externas

Entre as características que podem ser observadas na parte externa do pão, destaca-se a cor da crosta, que é afetada pelo conteúdo de açúcar adicionado ou pertencente à farinha de trigo, o conteúdo de α -amilase, o tempo de fermentação e o tempo e temperatura de cozimento. Com a adição de farinha de soja desengordurada, promove-se uma intensificação no desenvolvimento da cor da crosta do pão, pois a grande quantidade de proteína adicionada reage com o açúcar provocando uma reação de escurecimento, denominada de reação de Maillard. A cor desejável deve ser dourada, homogênea e brilhante (EL-DASH, 1994; GUTKOSKI & NETO, 2002).

Para se avaliar a simetria do pão, o mesmo é dividido imaginariamente em duas partes, comparando-se suas laterais. Com a adição de farinha de soja desengordurada, em níveis de substituição acima de 5%, a simetria pode variar consideravelmente. A característica de quebra é relativa à abertura das laterais do pão de forma, devido ao crescimento repentino durante o cozimento no forno. Igualmente às características de simetria, ao nível de 5% de adição, a quebra não sofre uma mudança significativa, porém acima deste valor, a quebra se reduz (EL-DASH, 1994).

Com o uso de farinha de arroz para elaboração de pães, as características externas dos mesmos são alteradas, onde há pouca simetria nos pães e quebra da crosta inexistente (TREDUS, et al., 2001).

2.2.2. Características internas

Entre as características internas, avaliam-se as características da crosta, que deve ter espessura nem muito fina, nem grossa demais, não devendo ser dura ou borrachenta, pois isto é atribuído à insuficiência de açúcares ou de α -amilase, baixa umidade durante a fermentação, baixa temperatura de forno ou falta de gordura. Com adição de farinha de soja desengordurada, a crosta torna-se progressivamente mais dura e compacta e sua qualidade decresce (EL-DASH,

1994). Já com a adição de farinha de arroz, a crosta não fica bem formada (TREDUS et al., 2001).

A cor do miolo é outro fator na avaliação das características internas. Este deve ser branco, uniforme, sem estrias ou manchas e macio. Com a adição de farinha de soja desengordurada haverá um crescente escurecimento na cor do miolo do pão, devido à cor original da farinha de soja ser bege amarelada (EL-DASH, 1994). Com a adição de farinha de arroz aparentemente não há mudanças na cor do miolo dos pães, devido à cor original da farinha de arroz ser branca e incolor quando gelatinizada (SIVARAMAKRISHNAN et al., 2004).

A estrutura da célula do miolo é afetada pela qualidade da farinha e pela fermentação. Quando a farinha de trigo é de boa qualidade para fabricação de pães, este apresenta uma granulidade média, com células alongadas e homogêneas. Quando a farinha de trigo é de qualidade inferior, o pão apresenta granulidade aberta, com células grandes e formato redondo. Com adição de farinha de soja desengordurada, o miolo pode se apresentar com paredes finas, abertas com buracos, tornando-se evidente a queda da qualidade (CALAVERAS, 1996).

Com adição de farinha de arroz, segundo Tredus et al (2001), o miolo do pão torna-se compacto com alvéolos bem pequenos, característico de massas que não apresentaram gás no momento do cozimento da massa.

O miolo deve ser suave, macio e elástico, considerando-se indesejável uma textura grossa, áspera e pegajosa. Dependendo dos níveis de adição da farinha de soja desengordurada à farinha de trigo, a textura do miolo pode melhorar ou decrescer, A adição de farinha de arroz à farinha de trigo também é influencia a textura dos pães, que passa de suave, macia e elástica à grossa (EL-DASH, 1994).

2.2.3. Sabor e aroma

A adição dos derivados da soja confere ao pão um sabor característico, que se intensifica com o aumento do nível de adição, porque a ação das enzimas lipoxigenases presentes nos grãos de soja sobre os ácidos graxos poliinsaturados confere ao produto final um sabor que lembra feijão cru (SCHIFFMAN et al., 2000).

Mohamed et al. (2006) verificou que pães elaborados com substituição parcial da farinha de trigo por proteína de soja e vital glúten apresenta aroma típico do grão de soja no produto final. No entanto, com a adição da farinha de arroz ao pão não promove alteração no aroma e sabor do mesmo, isto porque a farinha de arroz apresenta aroma e sabor suave (SHENG, 1995).

2.2.4. Volume

O volume do pão é uma característica bastante avaliada pelos consumidores, pois é facilmente observado.

O volume do pão é comprometido com a adição de farinha de soja desengordurada, onde seu decréscimo, dependendo do nível de adição, é possível ser notado. O volume do pão diminui com a adição de farinha de soja desengordurada devido ao enfraquecimento que sofre a estrutura protéica do glúten com a adição das proteínas da soja (EL-DASH, 1994; MOHAMED et al., 2006).

Segundo Lorimer et al. (1991) as proteínas não formadoras do glúten, como as encontradas na farinha de soja e arroz, são incapazes de reter o dióxido de carbono formado na fermentação, bem como de ligarem-se temporariamente à água requerida para a gelatinização do amido.

He & Hosney (1991), em estudo realizado sobre o uso de farinha de centeio, milho e arroz na produção de pão concluem que a capacidade de retenção de gás é o principal fator para a obtenção de pães com volume adequado. Durante a fermentação, a perda de gás nas massas desses cereais foi de 3 a 5 vezes superior à da massa de farinha de trigo, embora a produção inicial de gás tenha sido semelhante. Durante o cozimento, ao contrário da massa de farinha de trigo, as massas desses cereais perdem gás antes que suas estruturas estejam consolidadas pelo calor, apresentando como resultado final pães com baixo volume.

Tredus et al. (2001) observam que pães elaborados com 100% de farinha de arroz adicionadas de vital glúten na proporção de 20 e 30% perdem a estrutura do pão na saída do forno.

2.3. Propriedades nutricionais em pães

Segundo a Associação Brasileira de Indústrias de Panificação e Confeitaria (ABIP, 2007), o pão é um dos alimentos mais difundidos e constitui em uma das principais fontes calóricas da dieta do brasileiro.

Por ele ser um alimento diário para a maioria da população brasileira e mundial, a idéia de enriquecer o pão com objetivo de melhorar a saúde dos consumidores não é recente. No final dos anos 30 do Século XX, nos Estados Unidos, doenças como pelagra, beriberi e anemia, associadas à falta de vitaminas do complexo B e ferro, estavam disseminadas, então o pão foi o produto escolhido em programa governamental para enriquecimento da dieta. (JOHNS, 2003).

Atualmente, as pesquisas estão direcionadas para a melhoria da qualidade nutricional do pão através da substituição parcial da farinha de trigo por farinhas sucedâneas (TIBURCIO, 2000).

A farinha de soja desengordurada é importante nutricionalmente devido a sua quantidade e qualidade protéica. Sua qualidade protéica deve-se à composição em aminoácidos essenciais, possuindo apenas deficiência em dois aminoácidos, cistina e metionina (QUEDRAOGO, 1999) como demonstrado na Tabela 03.

Tabela 3 - Composição de aminoácidos essenciais (expressa em mg.100g¹) dos grãos de trigo, arroz e soja em comparação ao recomendado pela FAO.

Aminoácidos	Trigo	Arroz	Soja	FAO
Isoleucina	3,9	4,1	5,1	4,2
Leucina	6,9	8,2	7,7	4,8
Lisina	1,0	3,8	5,9	4,2
Metionina	1,4	3,4	1,6	2,2
Cistina	-	-	1,3	4,2
Fenilalanina	3,7	6,0	5,0	2,8
Tirosina	-	-	3,1	2,8
Treonina	4,7	4,3	4,3	2,8
Triptofano	0,7	1,2	1,3	1,4
Valina	5,3	7,2	5,4	4,2

Fonte: Ferrier (1991).

A deficiência nos aminoácidos sulfurados cistina e metionina e a abundância dos outros (especialmente lisina) faz com que a farinha de soja desengordurada se torne um potencial enriquecedor para as farinhas de poácea, como a de trigo, que é deficiente em lisina e contém suficiente quantidade de aminoácidos sulfurados (EL-DASH, 1994).

A farinha de soja desengordurada apresenta fatores antinutricionais que inibem a ação das enzimas proteolíticas digestivas, impedindo a absorção dos aminoácidos que compõem as proteínas e prejudicando o aproveitamento das mesmas pelo organismo (SGARBIERI, 1996; CAFÉ et al., 2000). Estes fatores antinutricionais são principalmente os inibidores de tripsina e hemaglutinina, que não apresentam problemas desde que seja aplicado calor úmido para sua destruição ou inativação. A inativação desses fatores depende do tamanho da partícula e da umidade inicial da mesma, além da temperatura aplicada (KUNITZ, 1945).

Existe uma enzima na farinha de soja desengordurada denominada urease. Sua resistência ao calor é praticamente igual à resistência do fator antitripsina, sendo por este motivo escolhida como indicador da presença ou ausência do fator antitripsina, por se tratar de um método mais simples e menos demorado para sua determinação (EL-DASH, 1994; SGARBIERI, 1996).

Quando o tratamento térmico é nulo ou muito brando, obtém-se uma farinha branca com alta atividade enzimática, capaz de branquear os pigmentos da farinha de trigo se adicionada a esta, possuindo alta dispersabilidade ou solubilidade de sua proteína em água e alto conteúdo da urease. Quando o tratamento térmico é severo, onde se obtém uma farinha tostada, as enzimas são totalmente inativadas e o valor da eficiência protéica é alto, devido à baixa ou nenhuma atividade do inibidor tripsina (EL-DASH, 1994; VELOSO, 2005; BRUM et al., 2006).

A soja vem recebendo também recente atenção pelo seu bom desempenho no controle ou prevenção de uma série de doenças. Além de ser um produto altamente nutritivo, que contém grande quantidade de proteínas de alta qualidade, a soja possui também excelentes qualidades nutracêuticas, o que a inclui no grupo dos chamados alimentos funcionais. Seu consumo vem sendo associado à redução do risco de ocorrência e ao tratamento de algumas patologias. Entre os benefícios da soja para a saúde humana, os mais conhecidos e bem estudados são a

prevenção de doenças cardiovasculares, combate ao [colesterol](#), prevenção do [câncer](#), [osteoporose](#), [diabetes](#) e diminuição dos sintomas da [menopausa](#) (MESSINA et al., 1994; RODRIGUES, 2003; GAZZONI, 2006).

Anderson et al. (1995) realizaram uma meta-análise em humanos, avaliando o efeito da proteína de soja sobre o perfil lipídico. Os resultados revelaram que a ingestão de proteína de soja reduziu o colesterol total, lipoproteína de baixa densidade (LDL) e triglicerídeos, respectivamente, de 3,8 para 9,3%, 5,3 para 12,9% e 7,3 para 10,5% e aumentou a lipoproteína de alta densidade (HDL) de 2,4 para 3,0%.

Fazendo uma revisão sobre a relação entre metabolismo lipídico, proteína de soja e implicações em doenças, Torres, et al. (2005) relatam que em diferentes países têm sido demonstradas fortes correlações entre doenças coronarianas e consumo de proteína animal. Por outro lado, a substituição da proteína animal por proteína de soja tem demonstrado diminuição dos níveis de colesterol no plasma em humanos.

Os diferentes efeitos das proteínas animal e vegetal nos lipídeos plasmáticos podem ser devidos às diferenças na composição de seus aminoácidos. De qualquer modo, a proteína isolada de soja suplementada com sete aminoácidos essenciais comparados com aqueles encontrados na proteína animal, reprovou as respostas hipocolesterolêmica da proteína da soja. Estes resultados indicam a possibilidade de que não somente a proteína, mas também a associação entre compostos fitoquímicos com a proteína, principalmente a isoflavona, estão envolvidos no mecanismo de redução da concentração lipídica no plasma (TORRES et al., 2005).

Os resultados têm demonstrado ainda que quanto maior é a quantidade de isoflavonas na soja ou em proteína da soja, maior é o efeito benéfico que esta apresenta, mas que também as isoflavonas isoladas da proteína de soja, seu efeito não é o mesmo. Desta forma, as isoflavonas precisariam das proteínas da soja para desempenhar funções no organismo humano (SHUKLA, et al. 2006).

Os mecanismos que as isoflavonas utilizam para que este fato aconteça ainda têm sido o alvo de muitos pesquisadores, apesar dos efeitos benéficos à saúde das proteínas da soja e isoflavonas serem cientificamente comprovados.

Segundo Quaglia (1991), o valor biológico da proteína contida no arroz é muito alto em comparação a outros cereais e sua fácil digestibilidade faz com que este cereal tenha fundamental importância na alimentação humana.

Segundo Sgarbieri (1996), a proteína do arroz é uma das mais nutritivas, igualando-se à aveia e ao centeio. A proteína do arroz, como um todo é ligeiramente deficiente em lisina. Seu quociente de eficiência protéica (gramas de ganho de peso/gramas de proteína ingerida) varia entre 1,38 e 2,56, dependendo da variedade, concentração protéica e condições experimentais.

Ensaio biológicos têm sido importantes na avaliação nutricional de alimentos. Proteínas com quociente de eficiência protéica (PER) igual ou superior a 2,0 é considerada de bom valor nutritivo. Em média, o PER da proteína do arroz se apresenta em torno de 2,0 (SGARBIERI, 1996).

Outro interessante aspecto da inclusão das farinhas de arroz na dieta alimentar é que o amido do arroz, componente majoritário das farinhas de arroz, apresenta diferentes respostas metabólicas de glicemia e insulinemia devido as variações na proporção amilose:amilopectina contida no amido do arroz, sendo atribuídos àqueles com maior teor da amilose (acima de 30% de amilose) uma menor taxa de digestão do amido e, conseqüentemente, menores respostas glicêmicas e insulinêmicas (HU, et .al., 2004).

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” e no Laboratório de Experimentação Animal da Faculdade de Nutrição, da Universidade Federal de Pelotas.

3.1. Materiais

Para a realização dos testes de caracterização das farinhas e da elaboração de pães foram utilizadas farinhas de arroz, de soja desengordurada e especial de trigo, gordura vegetal hidrogenada, sal refinado de mesa, fermento biológico seco, açúcar refinado e goma xantana em pó.

Para a realização do ensaio biológico foram utilizados ratos machos, recém-desmamados (21 dias), da linhagem Wistar cepa UFPel, com peso médio de 45 a 50g, provenientes do Biotério Central da Universidade Federal de Pelotas/RS.

3.2. Métodos

3.2.1. Caracterização química e tecnológica das farinhas

A caracterização das farinhas foi constituída de análises de composição química, propriedades reológicas e atividade enzimática.

3.2.1.1 Composição química

A composição química das farinhas foi determinada através das análises de teores água, cinzas, gordura, proteínas e fibras, todos os métodos de acordo com a American Association of Cereal Chemists (2000). O teor de carboidratos foi avaliado de acordo com o método da AOAC (1994).

3.2.1.2. Propriedades reológicas

As propriedades reológicas da farinha de trigo foram analisadas através dos testes de consistografia e alveografia conforme os métodos da AACC (2000) números 54-50 e 54-30A respectivamente.

3.2.1.3. Atividade enzimática

A atividade enzimática da farinha de trigo foi determinada através do Falling Number de acordo com o método número 56-81B da AACC (2000), enquanto a atividade ureática da farinha de soja desengordurada de acordo com a AOCS (1995).

3.2.1.4. Absorção de água das farinhas

Avaliou-se a absorção de água das farinhas através da adição gradual de água à massa, considerando como ponto ideal aquele onde a massa se apresentou bem desenvolvida, com elasticidade e extensibilidade normais.

3.2.2. Preparo das farinhas mistas

Foram elaboradas 25 formulações de farinhas mistas contendo farinha de trigo, arroz e soja desengordurada respectivamente nas proporções de 90:9:1; 90:8:2; 90:7:3; 90:6:4;90:5:5; 80:18:2; 80:16:4; 80:14:6; 80:12:8; 80:10:10; 70:27:3; 70:24:6; 70:21:9; 70;18:12; 70:15:15; 60:36:4; 60:32:8; 60:28:12; 60:24:16; 60:20:20; 50:45:5; 50:40:10; 50:35:15; 50:30:20 e 50:25:25.

3.2.3. Elaboração dos pães

As quantidades dos ingredientes para elaboração dos pães obedeceram a seguinte proporção: 90,9% de farinha, 3,66% de gordura, 2,27% de sal, 1,82% de levedura, 0,90% de açúcar, 0,45% de xantana e água de acordo com a absorção de cada farinha.

Para cada formulação eram produzidas massas de pães de 200g, elaboradas pelo método da massa direta, onde todos os ingredientes eram colocados de uma só vez em um misturador mecânico, o qual permaneceu em processo de mistura por 10 minutos. Completado este período, as massas eram abertas três vezes e colocadas em formas de dimensões de 15,5cm de comprimento, 5,5cm de altura e 7,0cm de largura, permanecendo em fermentação por 65 minutos, em ambiente a 35°C. Após esse tempo os pães eram assados em forno elétrico por 15 minutos a 250°C.

3.2.4. Análise sensorial

Decorridos 30 minutos do assamento, os pães eram avaliados sensorialmente por equipes de julgadores treinados, através da avaliação global, com pontuação máxima de 100 pontos, de acordo com metodologia proposta por EL-DASH (1978).

Nos pães foram avaliados formato, cor da crosta, aspecto de quebra da crosta, cor do miolo, porosidade, pegajosidade do miolo, maciez da crosta, odor, aroma e sabor de acordo com a ficha constante na Figura 01:

PPGCTA – DCTA – LAB. GRAOS
Análise sensorial de pão com farinha mista de trigo, arroz e soja.

Nome: _____ Data: ____/____/____

Amostra: _____

Você está recebendo amostras de pão. Avalie da esquerda para a direita, segundo os atributos apontados na ficha abaixo, marcando com um "x" onde a mostra se enquadrar.

APARÊNCIA

FORMATO	Simétrico	Levemente modificado	Assimétrico (parte superior desigual)	Afundado, rachado, mas ainda aceitável	Muito deformado
COR DA CROSTA	Dourada, uniforme	Levemente tostada	Ligeiramente alterada (clara ou escura)	Algumas manchas claras ou escuras	Muito escura ou muito clara
ASPECTO DE QUEBRA DA CROSTA	Uniforme	Levemente desigual	Levemente achatada	Áspera	Totalmente desigual
COR DO MIOLO	Uniforme, creme	Uniforme, ligeiramente escurecido	Algumas manchas	Escuro	Opaco

TEXTURA

POROSIDADE	Poros ovalados, uniforme, sem buracos	Poros ovalados com poucos buracos	Poros uniformes, mais fechados	Poros muito fechados	Poros muito abertos e buracos
PEGAJOSIDA DE DO MIOLO	Massa coesa, av eludada, uniforme	Pouca perda de uniformidade	Áspera	Ligeiramente pegajosa	Pegajosa, grudenta
MACIEZ DA CROSTA	Fina, macia e crocante	Macia	Medianamente dura	Dura ou muito macia	Borrachenta

SABOR

ODOR	Característico, muito agradável	Ligeiramente característico, agradável	Levemente alterado, aceitável	Alterado, insípido ou amargo	Completamente alterado, azedo ou outro odor
AROMA	Característico, agradável	Característico, bom	Ligeiramente alterado, aceitável	Alterado, rançoso, ou com aroma a fermento	Alterado, atípico desagradável
SABOR	Característico, muito agradável	Ligeiramente característico, agradável	Levemente alterado, aceitável	Alterado, insípido ou amargo	Completamente alterado, azedo ou outro sabor

Figura 3 - Ficha para análise sensorial dos pães elaborados com as farinhas mistas de trigo, arroz e soja.

Cada atributo avaliado apresenta peso de qualidade para o pão, que multiplicado pelo valor dado pelos julgadores, (de 1 a 5) resulta no escore de cada pão, como demonstrado na Tab.4.

Tabela 4 - Escore da avaliação global para pães.

Atributo	Ordem de qualidade	Peso de qualidade	Varição de escore
Formato	1 – 5	3	3 - 15
Cor da crosta	1 – 5	3	3 – 15
Aspecto de quebra da crosta	1 – 5	1	1 – 5
Cor do miolo	1 – 5	1	1 – 5
Porosidade	1 – 5	2	2 – 10
Pegajosidade do miolo	1 – 5	2	2 – 10
Maciez da crosta	1 – 5	2	2 – 10
Odor	1 – 5	1	1 – 5
Aroma	1 – 5	2	2 – 10
Sabor	1 – 5	3	3 – 15
Escore total	-	-	20 - 100

A soma de todos os pontos obtidos fornece a pontuação global máxima de 100 pontos. O valor de pontuação máxima permite classificar o pão como de boa qualidade quando sua pontuação se situar entre 81 – 100; pão regular com pontuação entre 61 – 80; pão de qualidade ruim, entre 31 – 60, e de qualidade inaceitável se menor do que 30.

3.2.5. Avaliação física dos pães

Os pães eram avaliados fisicamente através do peso, verificado em balança; volume, através do deslocamento de sementes de painço e volume específico, obtido através da razão entre volume e peso.

3.2.6. Avaliação biológica

Nos ensaios biológicos foram utilizadas dietas com farinha de trigo e com as três formulações de farinhas mistas que apresentaram o melhor desempenho considerando-se as características químicas, físicas e sensoriais. Os requisitos para a escolha incluíram escores superiores a 80 pontos e que atendessem, nesta ordem, aos seguintes requisitos: a) proporção mais equilibrada entre as farinhas de arroz e de soja desengordurada; b) maior proporção da farinha de soja desengordurada; c) maior proporção da farinha de arroz.

3.2.6.1. Ganho de peso

Avaliado pelo controle diário do peso, segundo Sgarbieri (1996).

3.2.6.2. Consumo de dieta

Avaliado pelo controle diário do consumo das dietas, segundo Sgarbieri (1996).

3.2.6.3. Balanço de nitrogênio

O balanço de nitrogênio foi avaliado pela diferença entre o nitrogênio ingerido e a soma do nitrogênio excretado nas fezes e na urina. O cálculo do balanço de nitrogênio foi feito de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Balanço de nitrogênio} = \text{NI} - (\text{NF} + \text{NU})$$

Onde:

NI = Nitrogênio ingerido

NF = Nitrogênio fecal total

NU = Nitrogênio urinário total

Os dados para o cálculo do balanço de nitrogênio foram coletados do primeiro ao décimo quarto dias de experimento.

3.2.6.4. Valor biológico

O valor biológico foi avaliado pela razão entre o nitrogênio retido e o nitrogênio absorvido em uma dieta, expresso da seguinte forma:

$$VBv = \frac{\text{Nitrogênio retido}}{\text{Nitrogênio absorvido}} \times 100$$

$$NUa = NU - NUe$$

Nitrogênio retido = NI – (NFa – NUa) Nitrogênio absorvido = NI - NFa

Onde:

NI = Nitrogênio ingerido na dieta

NFa = Nitrogênio fecal de origem alimentar

NUa = Nitrogênio urinário de origem alimentar

NU = Nitrogênio eliminado na urina

NUe = Nitrogênio urinário de origem endógena, determinado na urina do grupo em dieta aprotéica.

3.2.6.5. Digestibilidade verdadeira

A digestibilidade verdadeira foi calculada pelas medições das quantidades de nitrogênio ingerido na dieta, excretado nas fezes e a perda metabólica nas fezes, que corresponde ao nitrogênio fecal do grupo com a dieta aprotéica. Esta última foi estimada pela quantidade de nitrogênio excretada pelos ratos alimentados com a dieta livre de nitrogênio. O cálculo da digestibilidade verdadeira (DV) foi realizado de acordo com a seguinte equação:

$$DV (\%) = I - (F - FK) \times 100$$

Onde:

I = Nitrogênio ingerido pelo grupo teste.

F = Nitrogênio fecal do grupo teste.

FK = Nitrogênio fecal do grupo com dieta aprotéica.

Os dados de nitrogênio ingerido (através do consumo de dieta) nitrogênio fecal do grupo teste e da dieta aprotéica (através da coleta diária de fezes) foram coletados do primeiro ao décimo quarto dia de experimento.

3.2.6.6. Quociente de eficiência protéica (PER)

O PER foi determinado de acordo com Sgarbieri (1987), relacionando o ganho de peso dos animais com o consumo de proteína durante os 28 dias de experimento.

O PER foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{PER} = \text{Ganho de peso do grupo teste (g)} / \text{Proteína consumida pelo grupo teste}$$

3.2.6.7. Quociente de eficiência líquida protéica (NPR)

O NPR foi determinado de acordo com Pellet & Young (1980), durante os 14 dias de experimento, levando-se em consideração o ganho de peso do grupo teste, mais a perda de peso do grupo com dieta aprotéica em relação ao consumo de proteína do grupo teste.

O NPR foi calculado através da seguinte equação:

$$\text{NPR} = \frac{\text{ganho de peso grupo teste (g)} - \text{perda de peso grupo aprotéico (g)}}{\text{Proteína consumida pelo grupo teste}}$$

3.2.6.8. Glicemia

Os níveis de glicemia foram medidos por leitura de glicofita (ACCU-CHEK® Advantage II), contendo sangue obtido por punção da parte distal da cauda do rato.

A fita foi introduzida em glicosímetro específico (ACCU-CHEK® Advantage II - Roche), expressando os valores da glicemia em miligramas por decilitro (mg.dL⁻¹). Foram realizadas duas medidas de glicemia de jejum, no início e no fim do experimento.

3.2.6.9. Colesterol e HDL

O colesterol total sérico (mg.dL^{-1}) foi extraído segundo método proposto por Haug & Hostimark (1987) e quantificado por sistema enzimático (colesterol esterase, colesterol oxidase e peroxidase Labtest Diagnóstica® colesterol liquiform cat. 76-2/100).

Estes parâmetros biológicos foram comparados a uma dieta cuja fonte de proteína foi caseína, por esta ser uma proteína padrão da FAO, como também a uma dieta denominada de dieta testemunha (trigo como fonte de proteína) e uma dieta denominada de aprotéica, por não conter proteína em sua formulação.

Cada dieta constituiu um grupo experimental, onde foram utilizados 6 ratos por grupo, com dieta e água "ad libitum", mantidos com temperatura e umidade relativa de $23\pm 1^\circ\text{C}$ e 50-60%, respectivamente, com ciclo claro/escuro de 12 horas. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em gaiolas individuais, para compor os grupos experimentais.

3.2.7. Elaboração das dietas experimentais

As dietas experimentais para avaliação dos parâmetros biológicos foram isoprotéicas (12%) e isocalóricas, com granulometria de 70 "mesh" formuladas segundo o "American Institute of Nutrition" (Reeves et al., 1993), dieta AIN-93G (para ratos em crescimento).

3.2.8. Análise estatística

O experimento foi conduzido em um planejamento inteiramente casualizado com fatorial 4x4. Para a avaliação estatística foi realizada análise de variância e as diferenças estatísticas foram analisadas por comparação de médias pelo teste de Tukey, todos em 5% de significância. Para verificação de correlações entre as avaliações e as amostras foi aplicado o teste de Correlação de Pearson ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização química e tecnológica das farinhas

Na tab.5 são apresentadas, em base úmida, as composições químicas das farinhas de trigo, arroz e soja desengordurada utilizadas para elaboração das farinhas mistas.

Tabela 5 - Composição química de farinhas de trigo, arroz e soja desengordurada (%).

Farinha	Proteína	Lipídeos	Cinza	Fibra	Carboidrato	Umidade
Trigo	10,32 b	3,73 a	0,52 b	0,23 b	72,05 b	13,08 a
Arroz	6,42 c	2,76 b	0,35 b	0,50 b	78,53 a	11,94 b
Soja deseng.	44,26 a	2,63 b	5,52 a	5,52 a	39,54 c	8,05 c

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Como pode ser observado na tab.5, a farinha de soja desengordurada apresentou maior teor de proteína do que as farinhas de trigo e arroz. Este resultado é inferior ao exigido na legislação (BRASIL, 1978), que cita teores protéicos de no mínimo 50% para esse tipo de farinha.

Os resultados de proteína encontrados para as farinhas de trigo e arroz são compatíveis com os observados na literatura. Junior et al (2006) encontraram 10,95% de proteína (b.u.) para a farinha de trigo enquanto Tredus et al. (2001) encontraram aproximadamente 6,83% (b.u.) de proteína para a farinha de arroz. Segundo a legislação (ANVISA, 2007), as farinhas de arroz e soja desengordurada devem apresentar respectivamente teores protéicos mínimos de 6,0% e 30,0%. Para a farinha de trigo o teor protéico não é especificado.

Quanto ao teor de lipídeos, a farinha de trigo apresentou o maior valor, seguido das farinhas de arroz e soja desengordurada. O menor teor observado para

a soja desengordurada é consequência do método industrial de extração do óleo com uso de solvente, que resulta em farelo com teores lipídicos próximos a 1% (ELIAS, 2004).

O teor de cinzas encontrado na farinha de soja desengordurada foi significativamente maior do que os encontrados nas farinhas de trigo e arroz. Este fato decorre da extração do óleo ter ocorrido com grãos não descascados (ELIAS, 2004). Como nas cascas ocorrem os maiores teores de minerais e esses permanecem na parte protéica da extração, a farinha originada apresenta consequentemente maiores teores de minerais. O teor de cinzas para a farinha de trigo está de acordo com resultados observados por Junior et. al (2006), enquanto que para a farinha de arroz os resultados são inferiores aos encontrados por Tredus et al. (2001), cujo percentual em base úmida (b.u.) foi de 0,74.

Os teores de carboidrato decrescem respectivamente para as farinhas de arroz, trigo e soja desengordurada, refletindo o método em que foram avaliadas.

A umidade decresceu respectivamente da farinha de trigo para a de arroz e a de soja desengordurada. Os valores de umidade encontrados para as farinhas estão de acordo com as exigências da legislação, que especifica umidade de 13,0% para as farinhas de trigo e arroz e de 8% para a farinha de soja desengordurada (BRASIL, 2007).

A atividade enzimática foi avaliada pelo número de queda na farinha de trigo e pela atividade ureática na farinha de soja.

O número de queda obtido para a farinha de trigo foi de 369 segundos. De acordo com o resultado obtido, pode-se perceber que a farinha de trigo é deficiente em α -amilase, necessária ao processo fermentativo da massa de pão, pois segundo o regulamento técnico para identidade e qualidade da farinha de trigo (BRASIL, 1999), sua atividade enzimática para pão deve ser de 200 a 300 segundos, ou seja, atividade enzimática maior. Uma correção com enzimas adicionadas na farinha, ou maior adição de açúcar à massa, pode solucionar a falta de α -amilase para proporcionar um processo fermentativo adequado.

A atividade enzimática da farinha de trigo foi determinada através do número de queda ou falling number, pois este está relacionado com a atividade da enzima alfa amilase. Esta enzima tem a capacidade de romper ligações de glicose

ligadas na posição alfa de polímeros de amido. Esta enzima, presente na farinha de trigo em quantidades adequadas, poderá auxiliar no processo de produção de gás para fermentação da massa de pão, porque as leveduras utilizam a glicose como substrato para produção de gás, e se a glicose estiver liberada mais facilmente às leveduras, estas serão beneficiadas.

A atividade enzimática da farinha de soja desengordurada, medida através da atividade ureática, foi de 0,23, a qual classifica-a isenta de atividade. A atividade apresentou-se adequada para farinha de soja desengordurada destinada ao consumo humano.

Na tab. 6 são apresentados, em base úmida, os teores de proteína, lipídeos, cinzas, fibras, carboidratos e umidade das farinhas mistas em comparação com a farinha de trigo.

Através da tab. 6 é possível observar que quanto maior é o percentual de substituição da farinha de trigo pelas de arroz e soja desengordurada, maior é o teor de proteínas nas formulações de farinhas mistas e que as maiores contribuições no teor protéico estão relacionadas à adição da farinha de soja à de trigo a partir de 5% de substituição. Este fato pode ser explicado pelo fato de a farinha de soja desengordurada apresentar o maior teor protéico (44,26%) em comparação a farinha de arroz (6,42%).

De acordo com os dados observados para o teor lipídico das farinhas mistas (tab. 6), é possível verificar que o mesmo diminui à medida que a farinha de trigo é substituída, no entanto com expressões significativas somente a partir de 50% de substituição da farinha de trigo pelas farinhas de arroz e soja desengordurada em relação à composição lipídica inicial (100:0:0).

Tabela 6 - Composição química das farinhas mistas (%)

Proporção trigo:arroz:soja	Proteínas	Lipídios	Cinzas	Fibra	Carboidratos	Umidade
100:0:0	10,32 m	3,73 a	0,52 g	0,23 j	72,05 ab	13,08 de
90:9:1	10,31 m	3,63 ab	0,55 fg	0,40 ij	71,26 ac	13,85 a
90:8:2	10,25 m	3,60 ab	0,55 fg	0,40 ij	71,48 bc	13,72 abc
90:7:3	11,0 l	3,63 ab	0,66 efg	0,69 hi	70,22 bd	13,80 a
90:6:4	11,45 j	3,63 ab	0,71 ef	0,84 gh	69,59 d	13,78 a
90:5:5	11,8 i	3,63 ab	0,76 ef	0,98 gh	69,07 d	13,76 a
80:18:2	10,3 m	3,53 ab	0,59 eg	0,58 hi	71,29 a	13,71 ac
80:16:4	11,05 l	3,53 ab	0,69 e	0,86 gh	70,30 b	13,57 bc
80:14:6	11,81 i	3,53 ab	0,80 ef	1,15 g	69,18 d	13,53 bc
80:12:8	12,57 h	3,53 ab	0,90 e	1,44 eg	68,07 d	13,49 b
80:10:10	13,33 f	3,52 ab	1,01 d	1,73 e	66,97 e	13,44 c
70:27:3	10,29 m	3,44 ab	0,62 fg	0,75 h	71,53 a	13,37 cd
70:24:6	11,42 j	3,44 ab	0,78 e	1,18 g	69,87 bd	13,31 cd
70:21:9	12,56 h	3,43 ab	0,93 e	1,61 eg	68,22 d	13,25 cd
70:18:12	13,69 e	3,42 ab	1,09 d	2,04 df	66,58 e	13,18 de
70:15:15	14,83 d	3,42 ab	1,24 c	2,44 c	64,95 f	13,12 de
60:36:4	10,27 m	3,34 ab	0,66 efg	0,92 hg	71,67 a	13,14 de
60:32:8	11,79 i	3,33 ab	0,86 e	1,49 e	69,48 d	13,05 de
60:28:12	13,30 f	3,33 ab	1,07 d	2,07 d	67,26 de	12,97 de
60:24:16	14,82 c	3,33 ab	1,28 c	2,65 c	65,03 f	12,89 ef
60:20:20	16,33 b	3,32 ab	1,48 b	3,22 b	62,85 g	12,80 ef
50:45:5	10,26 m	3,24 b	0,69 ef	1,09 g	71,82 a	12,90 ef
50:40:10	12,16 g	3,23 b	0,95 de	1,84 de	69,02 d	12,80 ef
50:35:15	14,04 d	3,23 b	1,21 c	2,54 c	66,29 e	12,69 f
50:30:20	15,94 b	3,22 b	1,47 b	3,25 b	63,53 g	12,59 f
50:25:25	17,83 a	3,22 b	1,72 a	3,97 a	60,77 h	12,49 f

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quanto ao teor de cinzas, é possível verificar que a substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas de arroz e soja desengordurada interfere no teor original de cinzas (100:0:0), com aumento significativo a partir de 4% de adição de farinha de soja à farinha de trigo, uma vez que a farinha de arroz adicionada não interfere no teor de cinzas das farinhas mistas, por apresentar o mesmo conteúdo de cinzas da farinha original (tab. 5).

O teor de cinzas de um alimento está relacionado à sua constituição mineral. Na maioria dos grãos, os minerais se concentram mais na casca e nas

suas camadas mais periféricas. Desta forma, grãos processados com a casca apresentam maiores teores deste constituinte nutricional. É o caso da farinha de soja desengordurada, que é proveniente do resíduo sólido do processo de extração do óleo, o qual utiliza todo o grão para a extração, ficando assim grande parte das cinzas na farinha. Os resultados de composição química das matérias-primas (tab. 5) mostram que o teor de minerais da farinha de soja desengordurada (5,52%) difere significativamente do teor das farinhas de trigo (0,52%) e arroz (0,35%). Com isso se observa que as maiores interferências no teor de cinzas nas formulações ocorreram pelo acréscimo de farinha de soja.

Os resultados de fibras apresentados na tab. 6 mostram a mesma tendência observada no teor de cinzas das farinhas mistas. Desta forma, a farinha de soja desengordurada interferiu consideravelmente nos teores de fibras das formulações de farinhas mistas estudadas a partir da adição de 4%, em consequência de a farinha de soja desengordurada apresentar 14,81% de fibras, contra 0,23% da farinha de trigo e 0,50% da farinha de arroz, valor este que além de diferir estatisticamente dos dois últimos, foi expressivamente maior.

As fibras estão relacionadas a constituintes encontrados nos alimentos não digeríveis no metabolismo humano, que na maioria das vezes encontram-se na casca e nas camadas mais periféricas dos grãos, similarmente ao que ocorre com as cinzas.

O teor de carboidratos, diferentemente do que ocorreu com os teores de cinzas, fibras e proteínas, diminuiu à medida que a farinha de trigo foi sendo substituída pelas farinhas de arroz e soja desengordurada, com menores expressões a partir de 8% de farinha de soja desengordurada adicionada às farinhas mistas. Essa diminuição, em realidade é proporcional, uma vez que o valor dos carboidratos é obtido por diferença entre 100% e a soma dos teores de proteínas, lipídeos, cinzas e água. Como os teores de proteínas e cinzas aumentaram, e os teores de lipídeos e umidade permaneceram praticamente inalterados, proporcionalmente o teor de carboidratos diminuiu.

Na tab. 7 são apresentados resultados de análises reológicas da farinha de trigo, incluindo força do glúten (W), extensibilidade (L), tenacidade (P) e relação entre elasticidade e extensibilidade (relação P/L).

Tabela 7 - Propriedades reológicas da farinha de trigo

Propriedades	Farinha de trigo
W	239. 10 ⁻⁴ J
P	96 mmH ₂ O
L	71 mmH ₂ O
P/L	1,35

Observando-se os dados da tab. 7 é possível verificar que a farinha de trigo utilizada no estudo apresentou parâmetros adequados para utilização em pães, ou seja, força de glúten entre 220 e 300, e relação P/L próxima a 1,20 (BRASIL, 1999).

A qualidade tecnológica de uma farinha pode ser caracterizada pelos parâmetros extensibilidade (L), elasticidade (P) e força do glúten (W), que conferem propriedades específicas, as quais dependem grandemente da estrutura do glúten, proteína responsável pelas características reológicas. A elasticidade indica a habilidade que a rede de glúten tem de reter os gases produzidos na fermentação, enquanto a extensibilidade indica a capacidade da massa à extensão durante a fermentação, ou seja, capacidade de se esticar sem romper a massa. Farinhas de trigo de boa qualidade para produção de pães devem apresentar massa com relação entre elasticidade e extensibilidade próxima a um. A força do glúten relaciona a quantidade e a qualidade das proteínas que interagem para formar o glúten.

Com a adição de farinhas como as de arroz e soja à farinha de trigo, a qualidade panificável diminui, tornando-se necessário que a farinha de trigo apresente alta qualidade reológica, para poder desenvolver, mesmo que com substituições, produtos de qualidade panificável aceitáveis.

Na tab. 8 são apresentados os resultados da absorção de água das matérias primas e das farinhas mistas.

De acordo com os resultados encontrados na tab. 8, pode-se observar que a absorção de água pela farinha de trigo está próxima à encontrada por Camargo (1977), que estudou o efeito do enriquecimento de pães através da adição de farinha de soja desengordurada à farinha de trigo sobre as características reológicas e de qualidade do pão. Seus resultados, avaliados no farinógrafo Brabender, demonstraram absorção de água para a farinha de trigo de 57,0

mL.100g⁻¹. Resultado similar foi encontrado por Ryan et al. (2001), ao estudar a interação entre as proteínas do texturizado de soja e as proteínas da farinha de trigo nas características na massa de pão.

Tabela 8 - Absorção das farinhas de trigo, arroz, soja desengordurada e das farinhas mistas.

Proporção trigo:arroz:soja	Absorção de água corrigida (ml.100g ⁻¹)
100:0:0	60 j
0:100:0	80 f
0:0:100	220 a
90:9:1	61,6 j
90:8:2	63,5 i
90:7:3	65,6 i
90:6:4	67,3 i
90:5:5	69 hi
80:18:2	67,4 i
80:16:4	70,3 hi
80:14:6	72,7 h
80:12:8	75,1 gh
80:10:10	77,5 fh
70:27:3	71,1 hi
70:24:6	74,7 gh
70:21:9	78,3 fg
70:18:12	81,9 ef
70:15:15	85,5 de
60:36:4	73,3 h
60:32:8	78,1 f
60:28:12	82,9 ef
60:24:16	88,2 d
60:20:20	93 cd
50:45:5	77 fh
50:40:10	82,5 ef
50:35:15	89,5 d
50:30:20	95,5 c
50:25:25	101,5 b

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

È possível observar também que a absorção de água das farinhas mistas aumenta à medida que a farinha de trigo é substituída e que a quantidade de

farinha de soja na mistura determina as diferenças significativas de absorção de água. Quando as quantidades de farinha de arroz são diminuídas e as de soja desengordurada aumentadas os valores de absorção de água apresentam-se mais acentuados. Este fato pode estar relacionado com a quantidade de proteína contida na farinha de soja (44%), a qual absorve em torno de $232\text{mL}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de água, valor relativamente alto em comparação ao amido, que, por exemplo, absorve cerca de $65\text{mL}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de água (CAMARGO, 1977).

A absorção de água indica a quantidade de água necessária a ser acrescentada à farinha para que a massa tenha uma consistência própria definida, por este motivo é um fator de grande importância na produção da maioria dos produtos de panificação. Este conhecimento é importante no momento da elaboração de produtos como o pão, visto que se não houver quantidade adequada de água na massa esta pode não se desenvolver suficientemente, e se o contrário acontecer, ela se tornará mole demais, ocasionando problemas como massa pegajosa, compactação do miolo, com falta de volume dos pães, dentre outros defeitos.

4.2. Análise sensorial

A avaliação sensorial dos pães foi realizada através do sistema de pontuação global. A definição da qualidade foi obtida através de um conjunto de atributos divididos em três grupos: aparência, textura e sabor.

As características que definem a aparência do pão são: formato, cor da crosta, aspecto de quebra da crosta e cor do miolo. Já para a textura, os atributos são porosidade, pegajosidade do miolo e maciez da crosta, enquanto para o grupo do sabor, os atributos são odor, aroma e sabor propriamente dito.

Na tab. 9 são apresentados os resultados da avaliação dos pães em relação a sua aparência.

Tabela 9 - Formato, cor da crosta, aspecto de quebra da crosta e cor do miolo de pães elaborados com as farinhas de trigo, arroz e soja desengordurada.

Proporção trigo:arroz:soja	Formato	Cor da crosta	Aspecto de quebra da crosta	Cor do miolo
100:0:0	12,5 b	15,0 a	4,8 a	4,8 a
90:9:1	15,0 a	15,0 a	5,0 a	5,0 a
90:8:2	15,0 a	15,0 a	5,0 a	4,67 a
90:7:3	15,0 a	15,0 a	5,0 a	4,75 a
90:6:4	14,25 a	14,0 a	4,83 a	5,0 a
90:5:5	15,0 a	11,4 a	4,6 a	4,2 a
80:18:2	15,0 a	14,57 a	5,0 a	5,0 a
80:16:4	13,8 ab	12,6 a	4,4 a	3,8 a
80:14:6	13,0 ab	13,5 a	4,83 a	4,83 a
80:12:8	14,5 a	11,0 a	4,67 a	4,83 a
80:10:10	12,75 ab	9,75 a	4,5 a	4,75 a
70:27:3	14,0 a	14,0 a	4,83 a	4,5 a
70:24:6	10,5 ab	12,75 a	4,25 a	4,0 a
70:21:9	14,25 a	12,0 a	4,5 a	4,25 a
70:18:12	11,50 ab	10,0 a	4,67 a	4,33 a
70:15:15	12,0 ab	11,0 a	4,67 a	4,33 a
60:36:4	12,0 ab	12,0 a	4,25 a	4,75 a
60:32:8	12,75 ab	12,75 a	4,0 a	4,25 a
60:28:12	13,50 ab	10,0 a	4,25 a	4,25 a
60:24:16	12,6 ab	13,2 a	4,4 a	4,6 a
60:20:20	13,8 ab	12,0 a	4,6 a	3,8 a
50:45:5	11,25 ab	11,25 a	3,6 a	3,5 a
50:40:10	10,5 ab	9,0 a	3,6 a	3,5 a
50:35:15	12,6 ab	9,6 a	4,4 a	3,4 a
50:30:20	12,75 ab	10,5 a	4,0 a	3,33 a
50:25:25	9,0 b	9,0 a	3,6 a	3,2 a

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Formato: caracterizado entre simétrico a muito de formado.

Cor da crosta: caracterizada entre dourada, uniforme a muito escura ou muito clara.

Aspecto de quebra da crosta: caracterizado entre uniforme a totalmente desigual.

Cor do miolo: caracterizado entre uniforme, creme a opaco.

Analisando-se os dados de formato apresentados na tab. 9, verifica-se que a substituição da farinha de trigo pelas farinhas de arroz e soja desengordurada não alterou o formato original dos pães e que as diferenças significativas encontradas no formato dos pães foram superiores aos elaborados somente com farinha de trigo (100:0:0), demonstrando que podem ser adicionados até 21% de farinha de arroz e

9% de soja para melhoria do formato dos pães, onde o formato caracteriza-se como simétrico.

Estes resultados são mais animadores do que os encontrados por EL-DASH (1994) em que pães elaborados com percentuais acima de 5% de farinha de soja desengordurada apresentaram mudanças significativas no formato. A presença da farinha de arroz junto à de soja, na substituição parcial da de trigo, explica a melhora observada.

Trabalhos realizados por Tedrus et al. (2001) demonstram que pães elaborados com farinha de arroz apresentam pouca simetria.

A observação conjunta das tab.8 e 9 permite verificar que quanto maior é a absorção de água das farinhas e os teores de lipídios, maior é a simetria dos pães. Este fato pode ser explicado pela capacidade que as gorduras têm de formar complexos entre partículas de amido e a rede de glúten, por transformar a superfície hidrofóbica das proteínas em uma superfície mais lipofílica, conferindo à massa de pão uma estrutura fina e homogênea, tornando o formato dos pães mais simétrico.

A capacidade de absorção de água das farinhas (tab. 8) influi no formato dos pães. A água, juntamente com a farinha, participa na formação das ligações entre glúten e grânulos de amido para o desenvolvimento das propriedades viscoelásticas da massa de pão, o que explica os resultados (tab. 9).

Pode-se observar pelos resultados da tab. 9 que os atributos cor da crosta, aspecto de quebra da crosta e cor do miolo não sofrem alterações nas suas características originais quando a farinha de trigo é substituída em até 50% pelas farinhas de arroz e soja desengordurada. Os pães permanecem apresentando cor da crosta dourada e uniforme, aspecto de quebra da crosta uniforme e cor do miolo creme.

A cor do miolo e a cor da crosta dos pães pode sofrer alterações com a adição da farinha de soja desengordurada, devido ao aumento na quantidade de proteínas na formulação das farinhas mistas, o que favorece o maior escurecimento através da reação de Maillard (reação de entre proteínas e açúcar). Os dados da tab.9 demonstram que mesmo a adição de 25% de farinha de soja desengordurada, não provoca diferenças de cor da crosta e nem do miolo dos pães.

Esta afirmação pode ser verificada através das correlações de Pearson (tab. 13), onde é possível observar que a cor do miolo é influenciada não pela quantidade de proteínas, mas sim pelo teor de lipídios das farinhas, de forma que à medida que o teor de lipídios diminui, a cor do miolo apresenta-se creme uniforme.

Assim como a aparência foi constituída de atributos específicos, a textura também apresentou os atributos de porosidade, pegajosidade do miolo e maciez da crosta que a definiu.

Na tab. 10 estão apresentados os resultados de porosidade, pegajosidade do miolo e maciez da crosta dos pães elaborados com as farinhas de trigo (100:0:0) e as farinhas mistas em estudo.

Analisando-se a porosidade dos pães através da tab. 10 é possível verificar que as características de poros ovalados, uniformes e sem buracos observados para os pães elaborados somente com farinha de trigo não são afetadas com a substituição parcial desta pelas farinhas de arroz e soja, independente das proporções de substituição, pois diferenças significativas não são observadas para porosidade dos pães.

Autores como El-Dash (1994) comentam que com a adição crescente de outras farinhas à farinha de trigo, têm-se valores decrescentes de qualidade panificável na massa de pão.

A estrutura da célula do miolo, ou porosidade, é afetada pela qualidade da farinha e pela fermentação. Quando a farinha de trigo é de boa qualidade para a fabricação de pão, este apresenta uma granulometria média, com células não muito grandes nem muito pequenas e de formato alongado. Quando a farinha de trigo é de qualidade inferior, o pão apresenta granulidade aberta, com células grandes e formato redondo. Apesar da qualidade panificável da farinha de trigo diminuir pela adição de farinhas sucedâneas (farinha de arroz e soja), não foi suficiente para causar alterações na porosidade dos pães.

Verifica-se através das correlações de Pearson (tab. 14) que a porosidade dos pães apresenta relação inversa com a maciez da crosta, ou seja, à medida que os poros no interior dos pães tornam-se mais abertos, com buracos, a maciez da crosta tende a ser mais macia e crocante.

Tabela 10 - Porosidade, pegajosidade do miolo e maciez da crosta de pães elaborados com as farinhas de trigo, arroz e soja desengordurada.

Proporção trigo:arroz:soja	Porosidade	Pegajosidade do miolo	Maciez da crosta
100:0:0	8,0 a	9,6 a	8,8 a
90:9:1	8,5 a	10,0 a	8,5 a
90:8:2	8,67 a	10,0 a	8,67 a
90:7:3	8,5 a	10,0 a	9,0 a
90:6:4	8,33 a	10,0 a	9,0 a
90:5:5	8,0 a	9,6 a	8,4 a
80:18:2	8,57 a	9,71 a	7,86 a
80:16:4	7,33 a	8,8 a	8,4 a
80:14:6	8,33 a	10,0 a	7,33 a
80:12:8	9,0 a	10,0 a	8,33 a
80:10:10	8,0 a	9,0 a	9,0 a
70:27:3	7,0 a	8,0 a	8,67 a
70:24:6	8,0 a	9,5 a	7,5 a
70:21:9	8,0 a	8,5 a	8,5 a
70:18:12	7,67 a	9,67 a	8,33 a
70:15:15	6,67 a	9,33 a	7,33 a
60:36:4	7,5 a	8,0 a	8,0 a
60:32:8	8,0 a	9,5 a	8,0 a
60:28:12	6,5 a	9,5 a	8,0 a
60:24:16	8,4 a	8,8 a	8,0 a
60:20:20	8,0 a	8,8 a	7,6 a
50:45:5	5,5 a	4,0 b	8,0 a
50:40:10	6,0 a	4,0 b	8,0 a
50:35:15	6,8 a	9,2 a	8,0 a
50:30:20	7,5 a	7,5 ab	8,0 a
50:25:25	7,2 a	7,6 a	7,6 a

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Porosidade: caracterizada entre poros ovalados, uniforme, sem buracos a poros muito abertos e com buracos.

Pegajosidade do miolo: caracterizada entre massa coesa, aveludada a pegajosa e grudenta.

Maciez da crosta: caracterizada entre fina, macia e crocante a borrachenta.

Quanto à pegajosidade dos pães (tab. 10), é possível verificar que a substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas de arroz e soja não altera esta característica dos pães, fazendo com que não somente os pães elaborados com

100% de farinha de trigo tenham pegajosidade com característica de massa coesa, aveludada e uniforme, mas também os pães elaborados com as farinhas mistas.

A pegajosidade do miolo é um dos atributos de textura que sofre maiores interferências das substituições da farinha de trigo por farinhas de arroz e soja desengordurada, isto porque estas duas farinhas apresentam absorção de água superior à farinha de trigo, podendo alterar a pegajosidade dos pães.

Quanto à maciez da crosta dos pães (tab. 10), é possível verificar que a adição da farinha de soja não altera esta característica nos pães, no entanto, a adição a partir de 40% de farinha de arroz altera significativamente este atributo, fazendo com que a maciez da crosta perca as características de fina e crocante.

Estes resultados encontrados diferem dos relatados por El-Dash (1994) segundo os quais a adição acima de 5% de farinha de soja desengordurada interfere na maciez da crosta, onde a crosta torna-se progressivamente mais dura e compacta e sua qualidade decresce.

Os resultados obtidos de odor, aroma e sabor dos pães elaborados com as farinhas de trigo, arroz e soja desengordurada podem ser vistos na tab. 11.

Os resultados de odor dos pães demonstram que a substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas de arroz e soja desengordurada não causa mudanças no odor original (100:0:0) dos pães até o nível de substituição de 40% de farinha de arroz, mas que a partir deste percentual, o odor passa de característico e agradável a ligeiramente alterado.

Analisando-se os resultados de aroma (tab. 11) pode-se perceber que não há diferenças significativas com a substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas de arroz e soja desengordurada em relação ao aroma original dos pães (100:0:0), demonstrando que as características de aroma agradável a pão não são perdidas com a substituição da farinha de trigo.

Tabela 11 - Odor, aroma e sabor de pães elaborados com as farinhas de trigo, arroz e soja desengordurada.

Proporção trigo:arroz:soja	Odor	Aroma	Sabor
100:0:0	5,0 a	8,8 ab	14,4 a
90:9:1	5,0 a	9,5 ab	13,5 ab
90:8:2	4,33 ab	9,33 ab	14,0 ab
90:7:3	4,5 ab	9,5 ab	13,5 ab
90:6:4	5,0 a	9,67 a	15,0 a
90:5:5	4,6 ab	9,2 ab	13,2 ab
80:18:2	5,0 a	9,43 ab	13,7 ab
80:16:4	5,0 a	10,0 a	14,4 a
80:14:6	4,83 ab	9,33 ab	14,5 a
80:12:8	4,67 ab	10,0 a	15,0 a
80:10:10	4,25 ab	10,0 a	15,0 a
70:27:3	4,33 ab	8,67 ab	13,0 ab
70:24:6	4,5 ab	9,5 ab	13,5 ab
70:21:9	4,8 ab	9,5 ab	15,0 a
70:18:12	4,83 ab	9,0 ab	13,38 ab
70:15:15	4,67 ab	8,67 ab	14,0 ab
60:36:4	4,5 ab	8,0 ab	13,5 ab
60:32:8	4,25 ab	8,0 ab	12,0 ab
60:28:12	4,5 ab	9,0 ab	12,75 ab
60:24:16	4,4 ab	8,0 ab	12,0 ab
60:20:20	4,2 ab	8,0 ab	13,2 ab
50:45:5	3,75 b	8,0 ab	12,0 ab
50:40:10	3,75 b	8,0 ab	12,0 ab
50:35:15	4,4 ab	9,2 ab	13,8 ab
50:30:20	4,0 ab	8,0 ab	12,0 ab
50:25:25	4,0 ab	6,4 b	10,2 b

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Odor: caracterizado entre característico, muito agradável a completamente alterado, azedo ou outro odor.

Aroma: caracterizado entre característico, agradável a alterado, atípico e desagradável.

Sabor: caracterizado entre característico, muito agradável a completamente alterado, azedo ou outro sabor.

Segundo Sheng (1995) o aroma suave da farinha de arroz não interfere em outros aromas no qual o arroz está inserido. Quanto à soja, os maiores problemas de sua inserção em alimentos está relacionado principalmente ao gosto (devido à lipoxigenase), e não ao seu aroma.

Verifica-se através da correlação de Pearson (tab. 13) que o aroma não sofreu interferência de nenhuma farinha adicionada à farinha de trigo para elaboração de pães, comprovando o que já havia sido citado acima.

Os resultados observados na tab. 11 para sabor dos pães demonstram que só há interferência da substituição parcial da farinha de trigo no sabor dos pães quando a farinha de trigo é acrescida de 25% de farinha de soja desengordurada, fazendo com que o sabor passe de característico e muito agradável a ligeiramente característico.

O sabor apresenta relação inversa à cor do miolo (tab. 13), de forma que à medida que a cor do miolo torna-se escura, o sabor tende a ser mais característico e agradável.

A explicação pode estar relacionada não a cor do miolo, mas sim ao que influencia diretamente este atributo, que são as gorduras. Elas têm a capacidade de realçar o sabor dos alimentos, fazendo com que no pão, torne o sabor destes mais característico e agradável.

A tab. 12 apresenta os resultados obtidos sobre a avaliação global dos pães. A avaliação global é o somatório dos resultados obtidos das avaliações realizadas pelos julgadores aos pães, devidamente multiplicadas pelos fatores de qualidade, fornecendo assim, uma pontuação global que varia de 20 a 100 pontos. Este valor permite classificar o pão como de boa qualidade quando sua pontuação situar-se entre 81 – 100, pão regular com pontuação entre 61 – 80, pão de qualidade ruim, entre 31 – 60 e de qualidade inaceitável menor que 30.

Este tipo de avaliação vem sendo utilizado para avaliar a qualidade do pão. Foi empregado primeiramente por El-Dash (1978) e depois por vários pesquisadores (ELIAS & CONDE, 1985; BAIÃO et al, 1987; GUTKOSKI, et al, 1997). No ramo da panificação, este método tem sido empregado como parâmetro para a tomada de decisões corretivas em relação a defeitos apresentados no produto acabado.

Tabela 12 - Avaliação global dos pães elaborados com as farinhas de trigo, arroz e soja desengordurada.

Proporção farinha de trigo:arroz:soja	Avaliação global
100:0:0	86,8 adf
90:9:1	95 a
90:8:2	94,67 ac
90:7:3	94,75 ac
90:6:4	94,33 a
90:5:5	88,2 ad
80:18:2	95,57 a
80:16:4	86,6 ad
80:14:6	92,33 ac
80:12:8	92,0 ac
80:10:10	87,0 ad
70:27:3	87,0 ad
70:24:6	84,0 ae
70:21:9	89,5 ad
70:18:12	83,83 ae
70:15:15	82,67 ab
60:36:4	82,5 af
60:32:8	84,5 ae
60:28:12	80,4ab
60:24:16	84,4 ae
60:20:20	80,4 bcdef
50:45:5	70,25 be
50:40:10	67,75 b
50:35:15	81,4 bcdef
50:30:20	77,0 bcdef
50:25:25	67,6 b

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Através da tab. 12 é possível verificar que quando a farinha de trigo é substituída em até 30% pelas farinhas de arroz e soja desengordurada, não há diferenças significativas na avaliação global dos em relação àqueles elaborados somente com farinha de trigo (100:0:0), demonstrando que até este nível de substituição, os pães ainda apresentam boa qualidade panificável.

Observa-se também que a partir de 20% de adição de farinha de soja desengordura à farinha de trigo, a qualidade geral dos pães (avaliação global)

apresenta alterações significativas em relação aos pães elaborados somente com farinha de trigo, fazendo com que a qualidade dos pães passe de boa qualidade a qualidade regular.

A avaliação global é o somatório dos pontos atribuídos aos pães nas características de formato, cor da crosta, quebra da crosta, cor do miolo, porosidade, pegajosidade do miolo, maciez da crosta, odor, aroma e sabor, mas a percepção sensorial sobre a qualidade global dos pães pode apresentar maior correlação com alguns destes atributos do que com outros. Por este motivo tentou-se verificar se havia correlação entre a avaliação global e os atributos sensoriais.

Observa-se através da correlação de Pearson (tab. 13) que o formato é o único atributo sensorial com relação à avaliação global, onde quanto mais simétrico o pão for, maior é a avaliação global dos pães.

A avaliação global sofre influência também das características físicas como volume específico dos pães e químicas, como a umidade das farinhas empregadas, onde quanto maior o volume específico dos pães e maior a umidade das farinhas, maiores escores de qualidade panificável os pães apresentam, demonstrando que o volume e a umidade são atributos imprescindíveis na elaboração de pães com qualidade panificável.

Tabela 13: Análise de Pearson entre os parâmetros químicos e sensoriais das farinhas mistas de trigo, arroz e soja.

Atributos	Formato	Cor da crosta	Asp.de quebra	Cor do miolo	Porosidade	Pegajosidade	Maciez	Odor	Aroma	Sabor	Av. global	Volume esp.	Proteínas	Lipídios	Cinzas	Fibras	Carboidratos	Umidade	
Formato	1																		
Cor da crosta	0,52	1																	
Asp.de quebra	0,07	0,26	1																
Cor do miolo	-0,6	0,26	0,07	1															
Porosidade	0,18	-0,11	0,18	-0,53	1														
Pegajosidade	0,33	0,13	0,47	-0,47	0,18	1													
Maciez	-0,08	0,15	0,08	0,54	-0,76*	-0,39	1												
Odor	0,45	0,29	0,15	-0,15	-0,4	0,45	0,52	1											
Aroma	0,49	0,38	-0,1	0,1	-0,61	0,1	0,57	0,65	1										
Sabor	0,26	-0,6	-0,26	-0,77*	0,46	0,52	-0,6	0	0	1									
Av. global	0,83*	0,7	0,27	-0,31	0,09	0,62	-0,01	0,62	0,55	0,15	1								
Volume esp.	0,89*	0,42	0,31	-0,59	0	0,45	-0,17	0,33	0,44	0,3	0,71*	1							
Proteínas	-0,08	-0,12	0,51	-0,1	-0,38	0,32	-0,23	-0,17	-0,02	0,13	-0,13	0,38	1						
Lipídios	0,73*	-0,05	0,16	-0,74*	0,35	0,13	-0,16	0,07	0,1	0,42	0,37	0,7	0,02	1					
Cinzas	-0,27	-0,28	0,51	-0,05	-0,29	0,2	-0,26	-0,34	-0,24	0,1	-0,34	0,19	0,96*	-0,01	1				
Fibras	-0,41	-0,26	0,45	0,1	-0,37	0,2	-0,22	-0,31	-0,23	0,03	-0,39	0,05	0,94*	-0,24	0,97*	1			
Carboidratos	0,04	0,11	-0,56	0,14	0,32	-0,36	0,26	0,17	0,06	-0,14	0,09	-0,42	-1	-0,08	-0,96*	-0,92*	1		
Umidade	0,98*	0,38	0,03	-0,68	0,29	0,25	-0,13	0,34	0,38	0,32	0,73*	0,85*	-0,13	0,84*	-0,27	-0,44	0,08	1	

* Correlações positivas e negativas entre os parâmetros químicos e sensoriais avaliados nas farinhas mistas e pães elaborados.

4.3. Avaliação física dos pães

Na tab. 14 estão apresentados os resultados obtidos do volume específico dos pães elaborados com farinha de trigo (padrão) e aqueles elaborados com as farinhas mistas.

Tabela 14 - Peso, volume e volume específico dos pães.

Proporção farinha de arroz/soja	Peso (g)	Volume (cm ³)	Volume específico (cm ³ .g ⁻¹)
100:0:0	300 a	1.204 a	4,01a
90:9:1	309 a	978 d	3,16 bg
90:8:2	299 a	1.025 cd	3,43 c
90:7:3	316 a	1.064 bc	3,36 cd
90:6:4	337 a	1.128 bc	3,34 bc
90:5:5	311 a	1.145 ab	3,68 e
80:18:2	320 a	1.038 cd	3,23 bd
80:16:4	324 a	885 e	2,71f
80:14:6	333 a	1.013 cd	3,04 g
80:12:8	326 a	938 de	2,88 fg
80:10:10	340 a	1110 bc	3,26 bcd
70:27:3	316 a	800 f	2,53 il
70:24:6	335 a	960 d	2,86 fg
70:21:9	335 a	963 d	2,87 fg
70:18:12	351a	975 d	2,77 f
70:15:15	351 a	946 de	2,70 fi
60:36:4	327 a	623 g	1,92 j
60:32:8	335 a	841f	2,51 il
60:28:12	352 a	848 f	2,51 il
60:24:16	364 a	860 f	2,37 hlno
60:20:20	378 a	945 dc	2,50 hl
50:45:5	316 a	633 g	2,00 jm
50:40:10	343 a	760 f	2,21 no
50:35:15	362 a	831 ef	2,29 o
50:30:20	378 a	796 f	2,11 mno
50:25:25	389 a	801 f	2,06 jn

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Como observado na tab. 14, é possível verificar que a substituição da farinha de trigo pelas farinhas de arroz e soja desengordurada não causa efeito significativo no peso dos pães.

Para o volume dos pães, é possível observar que há diferenças significativas quando a farinha de trigo é substituída pelas farinhas de arroz e soja desengordurada, demonstrando tendência a aumentar à medida que a soja aumenta dentro do mesmo percentual de substituição da farinha de trigo.

O volume do pão é uma característica bastante avaliada, seja por pessoas leigas ou ligadas à panificação, pois é facilmente observado, tanto a nível experimental, como nos pontos de venda.

O volume do pão pode ser comprometido com a adição das farinhas de arroz e soja desengordurada, devido à “diluição” que o glúten sofre, ou seja, ao enfraquecimento que sofre a estrutura protéica do glúten com a adição das proteínas do arroz e da soja.

Estudos realizados por El-Dash et al (1994) verificaram que a adição de níveis de 10 ou 15% de farinha de soja desengordura nota-se diferenças nítidas sobre o volume do pão.

Quanto ao volume específico dos pães, é possível observar através da tab. 14 que quanto maior o percentual de substituição da farinha de trigo, menor o volume específico, mas que dentro do mesmo nível de substituição, quando a quantidade de farinha de soja aumenta, seu volume específico tende a aumentar também.

Através da correlação de Pearson (tab. 13) é possível observar que o volume específico apresenta relação positiva com o formato dos pães e com a umidade das farinhas, desta forma, à medida que os pães apresentam formato simétrico e elaborados com farinhas de maior umidade, o volume específico dos pães é maior.

4.4. Ensaio biológico

Foram utilizadas para realização de ensaio biológico as farinhas mistas contendo farinha de trigo, arroz e soja desengordurada respectivamente nas proporções de: 1) 90:5:5 (proporção equilibrada de farinha de arroz e soja), denominada de farinha mista 1; 2) 70:15:15 (farinha mista contendo a maior quantidade de farinha de soja) denominada de farinha mista 2; 3) 60:36:4 (farinha mista contendo a maior quantidade de farinha de arroz) denominada de farinha mista 3.

Estas farinhas mistas foram escolhidas porque apresentaram os requisitos exigidos para fazerem parte do ensaio biológico, a saber: apresentaram escore global acima de 80 pontos e atenderam aos requisitos de proporcionalidade das farinhas citadas anteriormente.

Foram comparadas a uma dieta cuja fonte de proteína foi a caseína, por esta ser uma proteína padrão da FAO, como também a uma dieta denominada de dieta testemunha (trigo como fonte de proteína) e uma dieta denominada de aprotéica, por não conter proteína em sua formulação, com objetivo de verificar o efeito da combinação entre as farinhas estudadas na promoção de uma mistura protéica de boa qualidade, com quantidades adequadas de aminoácidos essenciais e de nitrogênio total.

O ensaio biológico teve duração de 35 dias, sendo que os primeiros sete dias foram destinados a adaptação dos ratos e os 28 dias restantes ao ensaio biológico propriamente dito.

4.4.1. Formulação das dietas

A tab. 15 apresenta a formulação das dietas administradas aos ratos durante o período do ensaio biológico.

A dieta caseína foi formulada segundo a AIN-93G, cuja fonte protéica é a caseína (proteína padrão da FAO). A dieta trigo apresentou como fonte protéica, a proteína da farinha de trigo, sendo que os demais constituintes da formulação padrão foram adicionados ajustando-se à composição centesimal da farinha de trigo, para poderem estar de acordo com a formulação básica da AIN-93G.

Tabela 15 - Formulação das dietas experimentais (g.Kg⁻¹ de dieta).

Ingredientes	Caseína	Trigo	Aprotéica	Mista 1	Mista 2	Mista 3
Caseína 85%	200,00	-	-	-	-	-
Farinha de trigo	-	892,46	-	741,16	557,51	537,19
Farinha de arroz	-	-	-	41,18	119,47	322,31
Farinha de soja	-	-	-	41,18	119,47	35,81
Amido de milho	397,486	-	565,10	22,09	27,23	-
Amido dextrinizado	132,0	-	144,14	22,09	27,23	-
Sacarose	100,0	-	109,20	22,09	27,23	-
Óleo de soja	70,0	20,46	76,44	26,89	41,52	23,73
Fibra alimentar	50,0	36,59	54,60	32,82	29,84	30,44
Mix mineral	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Mix vitamínico	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
L-cistina	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Bitartarato de colina	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Tetra-butilhidroquinona	*	*	*	*	*	*

Valores expressos em base úmida

*Em todas as formulações foram adicionados 0,012 g de tetra-butilhidroquinona por quilograma de ração.

As farinhas mistas 1, 2 e 3 tiveram como fonte de proteína, as misturas protéicas entre farinha de trigo, arroz e soja, nas proporções de 90:5:5, 70:15:15 e 60:36:4 respectivamente. Os demais constituintes da formulação também foram ajustados para se enquadrarem a dieta AIN-93G. A dieta aprotéica não apresentou fonte de proteína, sendo que este constituinte foi substituído por amido de milho.

As quantidades de mix mineral, mix vitamínico, L-cistina, bitartarato de colina e tetra-butilhidroquinona foram às mesmas para todas as dietas.

4.4.2. Composição centesimal das dietas

Na tab. 16 são encontrados os resultados da composição centesimal das dietas administradas aos ratos durante o período de ensaio biológico.

As dietas experimentais foram formuladas para conter mesma quantidade de proteínas (12%), porém como observado na tab. 16, somente as dietas caseína e mista 1 apresentaram-se adequadas à formulação AIN-93G, enquanto que as demais dietas diferiram estatisticamente do percentual protéico exigido.

Tabela 16 - Composição centesimal das dietas experimentais

Dietas	Proteínas	Lipídios	Cinzas	Carboidrato	Umidade	Kcal
Caseína	12,77 b	7,82 a	2,96 b	67,44 b	12,03 a	391,22 a
Trigo	10,90 c	5,37 bc	2,29 c	67,77 b	12,67 a	363,01 a
Aprotéica	0,98 d	5,37 d	2,83 b	82,06 a	12,76 a	380,49 a
Mista 1	12,28 b	4,65 c	3,01 b	67,03 b	12,03 a	359,24 a
Mista 2	14,09 a	5,59 b	3,40 a	64,53 c	12,39 a	364,79 a
Mista 3	11,51 c	4,54 c	2,94 b	68,31 b	12,70 a	364,14 a

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As dietas deveriam ser também isocalóricas, fato este observado através da tab. 16, uma vez que todas as dietas apresentaram valores sem diferenças estatísticas.

4.4.3. Consumo de dieta e ganho de peso

Na tab. 17 estão apresentados os resultados de consumo de dieta e de ganho de peso dos ratos alimentados com as dietas caseína (padrão da FAO), trigo (testemunha), mista 1, mista 2, mista 3 e dieta aprotéica.

Tabela 17 - Consumo de dieta e ganho de peso dos ratos alimentados com as dietas experimentais durante 28 dias.

Dieta	Consumo de dieta	Ganho de peso
Caseína	550,47 a	172,41 a
Trigo	420,45 c	53,24 c
Aprotéica	140,51 b	-7,87 d
Mista 1	492,64 ac	91,69 b
Mista 2	593,27 a	151,64 a
Mista3	537,99 ac	88,91 b

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Como observado na tab. 17, os ratos alimentados com as dietas mista 1, 2 e 3 apresentam consumo de dieta significativamente igual aos grupos que consumiram as dietas caseína e trigo.

Para o ganho de peso, observa-se que os grupos de ratos alimentados com as dietas mistas 1, 2 e 3 apresentam ganho de peso significativamente superior ao

grupo alimentado com a dieta trigo e que o grupo que ingeriu a dieta mista 2 apresenta valores significativamente iguais ao grupo que consumiu a dieta caseína, proteína padrão da FAO.

Fazendo uma relação entre ganho de peso e consumo de dieta (tab. 17), é possível verificar como a ingesta das dietas experimentais contribuiu no ganho de peso dos ratos. Como pode ser observado na tab. 17, o grupo que apresenta o consumo de dieta mais efetivo é aquele que ingeriu a dieta caseína, pois para cada grama de dieta ingerida, os ratos ganham 0,31g de peso corpóreo, seguido das dietas mista 2 (0,26g), mista 1 (0,19g), mista 3 (0,17g), trigo (0,13g) e com perda de peso, o grupo experimental que consumiu a dieta aprotéica (-0,05 g).

4.4.4. Balanço de nitrogênio (BN), Digestibilidade Verdadeira (DV), valor biológico (VB), quociente de eficiência protéica (PER) e quociente de eficiência líquida protéica (NPR)

A tab. 18 apresenta os resultados do balanço de nitrogênio, valor biológico, quociente de eficiência protéica e quociente de eficiência líquida protéica em ratos alimentados com as dietas caseína, trigo, aprotéica, mista 1, mista 2 e mista 3.

Tabela 18 - Resultados de BN, DV, VB, PER, NPR de ratos alimentados com as dietas caseína, trigo, aprotéica, mista 1, mista 2 e mista 3.

Dietas	BN	DV	VB	PER	NPR
Caseína	5,02 a	96,28 a	98,62 a	2,39 a	2,28 a
Trigo	2,85 a	92,80 ab	97,64 a	1,12 c	0,96 c
Aprotéica	0,05 b	93,41 ab	58,05 c	-5,55 b	-11,17 b
Mista 1	3,10 a	92,10 b	74,88 bc	1,49 c	1,36 c
Mista 2	4,79 a	88,82 b	82,91 abc	1,76 ac	1,67 ac
Mista 3	3,55 a	92,56 ab	84,58 ab	1,42 c	1,29 c

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

BN: Balanço de nitrogênio; DV: Digestibilidade verdadeira; VB: Valor biológico; PER: quociente de eficiência protéica; NPR: quociente de eficiência líquida protéica.

O balanço de nitrogênio (tab. 18) encontrado para cada grupo foi positivo, o que é típico de animais em crescimento (o anabolismo é mais intenso que o catabolismo), verificando ainda que não há diferenças significativas entre os grupos experimentais alimentados com as diferentes dietas.

O nitrogênio ingerido foi superior à soma do nitrogênio excretada pelas vias fecal e urinária evidenciando retenção de nitrogênio, sendo que somente a dieta aprotéica apresentou diferença estatística às demais dietas. O menor valor de balanço de nitrogênio para a dieta aprotéica apresentou-se coerente, podendo ser até negativo, pois esta dieta não apresentava proteína em sua composição, o que leva os ratos alimentados com esta dieta a perder nitrogênio endógeno. Pelo balanço de nitrogênio são obtidos dados sobre o valor nutricional das proteínas, calculando-se os índices de digestibilidade e valor biológico (NAS, 1963, SGARBIERI, 1987).

Através da correlação de Pearson (tab. 22) é possível verificar que o balanço de nitrogênio está diretamente relacionado aos teores de cinzas e fibras das farinhas contidas nas farinhas mistas em estudo, demonstrando que estes teores ajudam no balanço de nitrogênio.

A digestibilidade encontrada para a caseína (tab. 18) está de acordo com o valor encontrado por Sgarbieri (1996), que observou 96% de digestibilidade para essa proteína.

A digestibilidade é a medida da porcentagem das proteínas que são hidrolisadas pelas enzimas digestivas e absorvidos na forma de aminoácidos ou de qualquer composto nitrogenado. Proteínas, cujas ligações peptídicas não são hidrolisadas pelo processo digestivo, são excretadas nas fezes ou sofrem transformações no intestino grosso (SGARBIERI, 1987).

A maioria das proteínas de origem animal apresenta boa digestibilidade, o que significa uma eficaz absorção de aminoácidos. As de origem vegetal geralmente são inferiores em razão de terem estruturas mais organizadas e resistentes ao ataque enzimático.

Analisando-se a digestibilidade para todos os grupos experimentais, verifica-se que os ratos alimentados com as dietas mista 1, 2 e 3 não apresentam digestibilidade significativamente inferior aos ratos alimentados com a dieta trigo e que os ratos do grupo que ingeriu a dieta mista 3 apresenta valores de digestibilidade significativamente iguais aos ratos do grupo que ingeriu a dieta caseína.

Através da correlação de Pearson (tab. 22) é possível verificar que a digestibilidade das dietas está inversamente relacionada aos teores de cinzas e fibras das farinhas contidas nas dietas.

Estudos da FAO/WHO (1991) e da FAO/WHO/ONU (1985) identificaram vários fatores que contribuem para a menor digestibilidade das proteínas de alimentos vegetais em relação às proteínas animais. A presença de fatores dietéticos (compostos fenólicos, componentes da fibra alimentar, pigmentos, inibidores de enzimas e outros) modifica a digestão e as reações químicas que alteram a liberação de aminoácidos e de proteínas por processos enzimáticos.

O valor biológico das dietas testes mista 2 e 3 mostraram-se significativamente iguais às dietas trigo e caseína. O valor biológico refere-se à quantidade de uma proteína que é aproveitada pelo organismo depois de ser absorvida e metabolizada. Uma proteína tem elevado valor biológico se contém aminoácidos essenciais numa proporção semelhante às necessidades do organismo. Se a proporção de um ou mais aminoácidos essenciais é baixa, diz-se que a proteína apresenta baixo valor biológico.

A tab. 19 apresenta as composições de aminoácidos essenciais das dietas mista 1, 2 e 3 estimadas por cálculo com referencia aos valores encontrados na literatura (FERRER, 1991) com objetivo de verificar o balanço de aminoácidos das dietas mistas e explicar as possíveis respostas sobre o valor biológico das dietas.

Tabela 19 - Composição de aminoácidos essenciais teórico das dietas mista 1, 2 e 3 expressos em mg.100g⁻¹.

Aminoácidos	Trigo	Mista 1*	Mista 2*	Mista 3*	FAO
Isoleucina	3,9	3,97	4,07	3,84	4,2
Leucina	6,9	7,01	7,22	7,12	4,8
Lisina	1,0	1,39	2,16	1,99	4,2
Metionina	1,4	1,51	1,73	2,07	2,2
Cistina	-	1,3	1,3	1,3	4,2
Fenilalanina	3,7	3,88	4,24	4,40	2,8
Tirosina	-	3,1	3,1	3,1	2,8
Treonina	4,7	4,66	4,58	4,39	2,8
Triptofano	0,7	0,76	0,87	0,86	1,4
Valina	5,3	5,4	5,6	5,79	4,2

* Resultados obtidos por cálculo a partir da composição apresentada por Ferrer (1991).

Através da tab. 19 é possível observar que para todas as dietas mistas, somente cinco aminoácidos não apresentam valores mínimos exigidos pela FAO, lisina, cistina e triptofano, no entanto estes aminoácidos tiveram seus escores aumentados quando a farinha de trigo foi substituída pelas farinhas de arroz e soja desengordurada.

È possível verificar também através da tab. 19 que as dietas mista 2 e 3 apresentam escores de aminoácidos mais próximos as necessidades do organismo humano do que a dieta mista 1, explicando o fato das dietas mista 2 e 3 apresentarem valor biológico significativamente igual à caseína.

As farinhas de trigo e arroz apresentam deficiência de lisina, enquanto que a farinha de soja apresenta deficiência dos aminoácidos essenciais cistina e metionina. Esta deficiência nos aminoácidos sulfurados (cistina e metionina) e abundância dos outros aminoácidos essenciais (especialmente lisina) fazem com que a soja se torne um potencial enriquecedor das farinhas de trigo e arroz.

Estudos têm demonstrado que a combinação entre farinhas de diferentes fontes vegetais tem sido realizada com o intuito de uma complementação mútua de aminoácidos essenciais nos alimentos que empregam este tipo de farinha.

O quociente de eficiência protéica (PER) relaciona o ganho de peso à quantidade de proteína consumida durante o experimento. Enquanto que o valor biológico mede o quanto uma proteína é aproveitada no organismo, o PER relaciona esta resposta a um dado efetivo de sua utilização no organismo, que é o ganho de peso.

O resultado de PER para a dieta caseína apresentou-se semelhante aos valores encontrados por HIANE et al. (2006) e GUILHERME & JOKL (2005). A dieta teste mista 2 apresentou quociente de eficiência protéica significativamente igual à dieta caseína e a dieta trigo.

Verifica-se através da tab. 22 que o PER está diretamente relacionado aos teores de proteínas, cinzas e fibras e inversamente relacionado aos teores de carboidratos das farinhas contidas nas dietas.

O quociente de eficiência líquida protéico constitui-se de um método com modificações do PER. Consiste em somar ao ganho de peso do grupo que recebeu a dieta protéica à perda de peso de um grupo equivalente que recebeu a dieta

aprotéica. A vantagem deste índice sobre o PER é que a soma da perda de peso do grupo em dieta aprotéica elimina, em grande parte, a inconveniência da variabilidade dos valores do PER em resposta a diferentes concentrações de proteína na dieta.

Analisando-se os dados da Tabela 19, verifica-se que as respostas estatísticas foram as mesmas para PER e NPR das dietas experimentais, concluindo que não há interferência das diferentes concentrações de proteína das dietas sobre o PER.

Fazendo uma relação entre todos os índices biológicos avaliados nas dietas em estudo, é possível verificar que a dieta caseína é a que apresenta os maiores resultados para todos os índices avaliados. Sua maior digestibilidade está relacionada à origem de sua proteína. A proteína de origem animal não possui compostos que impedem a digestão e reações químicas que alteram a liberação de aminoácidos de proteínas por processos enzimáticos.

A caseína apresentou também maior valor biológico, mostrando que dos aminoácidos digeridos, quase que sua totalidade satisfaz as necessidades nutricionais dos ratos, pois apresentou 98,62% de valor biológico. Avaliando o PER e NPR, que nada mais é do que uma resposta da qualidade protéica sobre um dado efetivo de sua utilização no organismo, que é o ganho de peso, demonstrou que a caseína é bastante eficaz ao organismo para desenvolver suas funções e manter suas necessidades.

Analisando-se, no entanto, as dietas testes do presente estudo, que são as dietas mistas 1, 2 e 3, pode-se observar que a dieta mista 2 apresentou os melhores resultados (tab. 19). Mesmo apresentando o menor índice de digestibilidade dentre as três dietas, com somente 88,82% de sua proteína sendo absorvida no organismo dos ratos, esta quantidade foi suficiente para apresentar o segundo melhor resultado de valor biológico dentre as dietas e os melhores resultados de PER e NPR, igualando-se à dieta caseína e superando os valores encontrados para a dieta trigo.

Comparando as dietas mistas com a dieta trigo, verificou-se que apesar dos resultados não apresentarem diferenças estatísticas entre as dietas, todas as dietas mistas testadas apresentaram resultados de PER e NPR (índices mais

efetivos para avaliação da eficiência de uma proteína no organismo) superiores a dieta trigo, demonstrando que a substituição da farinha de trigo por farinhas como as de arroz e soja, melhora o valor nutricional do pão, sem interferência sobre sua qualidade tecnológica.

4.4.5. Glicemia

A tab. 20 apresenta os resultados do índice glicêmico dos ratos alimentados com as dietas de caseína, trigo, mista 1, mista 2 e mista 3.

Tabela 20 - Índice glicêmico em ratos alimentados com as dietas de caseína, trigo, mista 1, mista 2 e mista 3, no início e final do experimento.

Dieta	Glicemia
Início	
Caseína	49,67 a
Trigo	58,2 a
Mista 1	60,00 a
Mista 2	65,25 a
Mista3	57,33 a
Final	
Caseína	71,00 a
Trigo	74,00 a
Mista 1	59,60 a
Mista 2	78,67 a
Mista3	79,40 a

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Através da tab. 20 é possível observar que não houve influência da adição de misturas de farinhas de arroz e soja desengordurada no índice glicêmico em ratos.

Autores como Denardin et al. (2005) demonstram que o arroz apresenta efeito sobre respostas glicêmicas em ratos, devido aos teores de amilose e amilopectina encontrados nas variedades de arroz.

Em seu estudo, cujo objetivo foi avaliar o efeito dos teores de amilose e amilopectina no metabolismo glicêmico em ratos, foi possível observar que a proporção amilose:amilopectina afeta significativamente, mas não de forma linear, a

taxa de extensão da digestão do amido de arroz no trato gastrointestinal, influenciando a concentração plasmática pós-prandial de glicose.

Verifica-se que a quantidade de farinha de arroz adicionada nas dietas mistas foi insuficiente para proporcionar um efeito na glicemia em ratos.

4.4.6. Colesterol e HDL

A tab. 21 apresenta os resultados do colesterol total e HDL (lipoproteína de alta densidade) dos ratos alimentados com as dietas de caseína, trigo, aprotéica, mista 1, mista 2 e mista 3.

Tabela 21 - Colesterol total e HDL em ratos alimentados com as dietas de caseína, trigo, aprotéica, mista 1, mista 2 e mista 3.

Dieta	Colesterol total	HDL
Caseína	72,06 d	28,89 b
Trigo	98,38 c	49,78 ac
Aprotéica	56,09 e	54,22 a
Mista 1	138,30 a	52,44 ad
Mista 2	122,76 b	36,89 bcd
Mista 3	99,03 c	56,00 a

Médias de três repetições, seguidas por letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Muitos estudos têm apontado que dietas ricas em soja e co-produtos parecem ser benéficos ao sistema cardiovascular, sendo que esse efeito descrito em vários trabalhos está relacionado ao colesterol.

As doenças cardiovasculares (DCV) são as principais causas de morte no Brasil, representando cerca de 30% dos óbitos para todas as faixas etárias (Filho e Martinez, 2002).

A análise dos resultados apresentados na tab. 21 permite verificar que as quantidades de farinha de arroz e soja desengordurada empregadas nas dietas mistas 1, 2 e 3 não interferem positivamente nos valores de colesterol do metabolismo lipídico em ratos, pois os alimentados com as essas dietas apresentam os maiores valores para colesterol, significativamente superiores aos valores encontrados para as dietas caseína e trigo.

Através da tab. 22 é possível verificar correlações entre a substituição da farinha de trigo pelas farinhas de arroz e soja desengordurada e o metabolismo de colesterol total em ratos. Verifica-se que quanto maior o balanço de nitrogênio e o teor de fibras das farinhas contidas nas dietas mistas 1, 2 e 3, menor o colesterol total dos ratos.

Quanto à fração de HDL, observa-se que as dietas mista 1 e 3 proporcionam aumento significativo na fração do colesterol HDL em relação à dieta caseína, no entanto, as três dietas testes não apresentam aumento significativo na fração HDL do colesterol quando comparada à dieta trigo.

Tabela 22 - Análise de Pearson entre os parâmetros químicos e nutricionais das farinhas mistas de arroz soja e trigo.

Avaliações	BN	VB	DV	PER	NPR	CD	GP	Glicemia	PNT	LP	CZ	FB	CHO	UMD	Colesterol total	HDL
BN	1															
VB	0,71*	1														
DV	-0,76*	-0,3	1													
PER	0,67	0,28	-0,35	1												
NPR	0,72*	0,3	-0,43	1,00*	1											
CD	0,94*	0,44	-0,87*	0,62	0,69	1										
GP	-0,78*	-0,49	0,71*	-0,36	-0,43	-0,78*	1									
Glicemia	0,36	0,52	-0,32	0,33	0,31	0,21	-0,27	1								
PTN	0,67	0,02	-0,63	0,77*	0,82*	0,78*	-0,65	0,07	1							
LP	-0,5	-0,64	0,26	0,08	0,02	-0,45	0,39	-0,11	0,02	1						
CZ	0,77*	0,18	-0,73*	0,82*	0,86*	0,85*	-0,72*	0,29	0,96*	-0,01	1					
FB	0,86*	0,31	-0,77*	0,77*	0,83*	0,93*	-0,78*	0,26	0,94*	-0,24	0,97*	1				
CHO	-0,64	0,01	0,62	-0,80*	-0,84*	-0,75*	0,59	-0,1	-1	-0,08	-0,96*	-0,92*	1			
UMD	-0,72*	-0,76*	0,51	-0,17	-0,22	-0,66	0,6	-0,42	-0,13	0,84*	-0,27	-0,4	0,08	1		
Colesterol total	-0,85*	-0,63	0,72*	-0,42	-0,48	-0,85*	0,82*	-0,46	-0,48	0,63	-0,62	-0,7	0,43	0,91*	1	
HDL	-0,73*	-0,24	0,41	-0,89*	-0,92*	-0,76*	0,46	0,03	-0,83*	0,13	-0,81*	-0,83*	0,82*	0,27	0,49	1

BN: Balanço de nitrogênio; **VB:** Valor Biológico; **DV:** Digestibilidade Verdadeira; **PER:** Coeficiente de Eficiência Protéica; **NPR:** Coeficiente de Eficiência Líquida Protéica; **CD:** Consumo de Dieta; **GP:** Ganho de Peso; **PTN:** Proteínas; **LP:** Lipídios; **CZ:** Cinzas; **FB:** Fibras; **CHO:** Carboidratos; **UMD:** Umidade.

* Correlações positivas e negativas entre os parâmetros químicos e sensoriais avaliados nas farinhas mistas e pães elaborados.

CONCLUSÕES

Concluiu-se através do presente trabalho que:

5.1) A substituição parcial da farinha de trigo por misturas de farinhas de arroz e soja desengordurada proporciona redução nos teores de carboidratos e aumento nos de proteínas, cinzas e fibras, sem afetar parâmetros como aspecto de quebra, cor do miolo, porosidade, pegajosidade do miolo, maciez, odor, aroma e sabor, só afetando negativamente formato e cor da crosta em comparação com os pães

5.2) A substituição de até 30% da farinha de trigo por mistura igualitária de farinhas de arroz e soja desengordurada melhora o valor nutricional dos pães, sem comprometer sua qualidade tecnológica e suas propriedades sensoriais.

REFERÊNCIAS

- AACC, AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10^a ed. St Paul, 2000.
- ABIP - **Associação Brasileira de Indústrias de Panificação e Confeitaria**. www.abip.org.br. Acesso em 16 fev. 2007.
- AMATO, G. W. ELIAS, M. C. **A parboilização do arroz**. Porto Alegre. Editora Ricardo Lenz, 160p, 2005.
- ANDERSON, J, W; JOHNSTONE, B, M; COOK-NEWELL, M, E. Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids. **NEJM**, 333:276-282, 1995.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº383, de 05/08/99. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 de outubro de 2000.
- ANVISA - **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/legis/resol> Instrução Normativa nº7, de 15 de agosto de 2000 (ANVISA, 2005). Acesso em: 02/2007
- ANVISA. **Agencia Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução - CNNPA nº 12, de 1978.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 12^a ed. Washington, D.C., 1994
- AQUARONE, E.; LIMA, U. de A.; BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo: Editora Blucher, 1983.
- BAIÃO, V. B.; GOMES, J. C. MARTYN, M.E.L.; MAFFIA, L.M. Avaliação nutricional de pão francês da farinha composta de trigo e algaroba. **Arquivos biológicos de Tecnologia**. Curitiba, v. 30, n. 2, p. 227 – 336, jun. 1987.

BARBOSA, M. C. A. **Avaliação tecnológica de massas alimentícias de farinha mista de trigo e soja sem lipoxigenase**. Viçosa, 2002. 100p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa (UFV).

BAKAR, J.; HIN, Y.S. High-protein rice-soya breakfast cereal. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v.8, n.3-4, p.163-174, 1984.

BORGES, J. T. da S., PIROZI, M.R., LUCIA, S. M. D., PEREIRA, P. C., MORAES, A. R. F., CASTRO, V. C. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**. v. 24, n. 1, p. 145 – 162, jan/jun. 2006.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Química do Processamento de Alimentos**. Editora: Varela - Edição: 3a. Edição 2001 - 144 p.

BRASIL, **Resolução CNNPA nº 14, de 28 de junho de 1978** - Padrão de identidade e qualidade para farinha desengordurada de soja. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento.

BRASIL, **Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996**. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento.

BRASIL, **Instrução normativa nº. 1 de 27 de janeiro de 1999**. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento.

BRUM, P. A. R. de; LIMA, G. J. M. M. de; ÁVILA, V. S. de; LANZMASTER, M.; ARDIGÓ, R. Características Nutricionais da Soja Desativada por Diferentes Processos Térmicos para Alimentação de Frangos de Corte. **Embrapa Suínos e Aves**, Concórdia, SC, Dezembro/2006.

CAFÉ, M. B; SAKOMURA, N. K.; JUNQUEIRA, O.M.; CARVALHO, M. R.B.; DEL BIANCHI, M. Determinação do Valor nutricional das Sojas Integrais Processadas para Aves. **Rev. Bras. Cienc. VIC**. v.2 n.1 Campinas jan./abr. 2000.

CALAVERAS, J. **Tratado de panificación y bollería**. Madrid: AMV Ediciones, 1996. 469p.

CAMARGO, C. R. de O. **O enriquecimento protéico do pão com farinha desengordurada de soja: efeito nas propriedades reológicas da massa e na**

qualidade do pão. 1977. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Campinas, Campinas.

CARDOSO, M. B. **Características tecnológicas e funcionais de farinhas mistas de arroz e trigo para elaboração de sopas.** 2003. (Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial). Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Farinha extrusada de arroz como substituto de glúten na produção de pão de arroz. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.56 n.3 Caracas sep. 2006.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento.**
<http://www.conab.gov.br/conabweb/> Acessado em dezembro de 2006.

CHRISTIANSON, D. D.; HODGE, J. E.; OSBORNE, D.; DETROY, R. W. Gelatinization of Wheat Starch as Modified by Xanthan Gum, Guar Gum, and Cellulose Gum. **Cereal Chemistry**, 58:513 – 517, 1981.

DENARDIN, C. C. DA SILVA, L. P.; HECKTHEUER, L. H. R.; Propriedades sensoriais e aceitabilidade de bolos elaborados com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de arroz. **Anais do IV Congresso Brasileiro de arroz Irrigado e XXVI Reunião da cultura do arroz Irrigado.** Santa Maria, 2005.

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

EL-DASH, A.A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, v. 55, N. 4, P. 436 – 446, 1978.

EL-DASH, A.; CABRAL, L. C.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas.** Empresa Brasileira de Pesquisa, Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos. – Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.

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

ELIAS, M.C. **Óleos, gorduras e sub-produtos protéicos vegetais: Aspectos científicos, nutricionais e tecnológicos.** Pólo de Inovação Tecnológica de Alimentos da Região Sul: UFPel, 57 p, 2004

ELIAS, M. C.; FRANCO, D. F. **Pós-Colheita e Industrialização de Arroz.** In: Ariano Martins de Magalhães Júnior; Algenor da Silva Gomes; Alberto Baêta dos Santos. (Org.). *Sistemas de Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil.* 1 ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006, v. 1, p. 229-240.

ESTELLER, M. S.; YOSHIMOTO, R. M. de O.; AMARAL, R. L. Sugar effect on bakery products. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Oct./Dec., vol.24, no.4, p.602-607, 2004.

FAO/WHO. Food and Agriculture Organization/World Health Organization. **Necessidades de energia y de proteína.** Ginebra: OMS, 1985. 220p. (Informe de una reunion consultiva conjunta FAO/WHO/ONU de expertos).

FAO/WHO. Food and Agriculture Organization/World Health Organization. **Evaluation of Protein Quality.** Rome: FAO, Food Nutrition, 1991. (Report of the Joint FAO/WHO expert consultation on protein quality evaluation).

FERRIER, L. K. Simple processing of whole soybean. In: **Soybean production, protection and utilization; proceeding of a conference.** Urbana, Champaign: College of Agriculture University of Illinois, 1975. p. 178 – 188.

GAZZONI, D.L. **Alimentos Funcionais.** Disponível em <http://www.gazzoni.pop.com.br/alimentos_funcionais.htm>. Acesso em: 29 jul. 2006.

GONZÁLEZ, R.J.; TORRES, R.L.; DE GREEF, M.; GORDO, N.A. Evaluación de almidón de maíz precocido por extrusión-cocción. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valência, v. 26, n. 4, p. 552-564, 1986.

GUARDA, A.; ROSELL, C.M.; BENEDITO, C.; GALOTTO, M. J. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. **Food Hydrocolloids** 18:241-247, 2003.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade Industrial do trigo.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2ª Edição, 1996.

GUARIENTI, E. M. **Fazendo pães caseiros**. 1. ed. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2004. v. 1. 90 p.

GUILHERME, F. F. P.; JOKL, L. Emprego de fubá de melhor qualidade protéica em farinhas mistas para produção de biscoitos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 25, n. 1, p. 63 – 71, jan/mar 2005.

GUJRAL, H. S.; HAROS, M.; ROSELL, C. M. Starch Hydrolyzing Enzymes for Retarding the Staling of Rice Bread. **Cereal Chemistry**. 80(6):750-754, 2003.

GUTIÉRREZ, M.V.G. de; GÓMEZ, H. Modelo para la extrusión de mezclas maíz: soja (70:30). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 37, n. 3, p. 494-502, 1987.

GUTKOSKI, L.C.; PAVANELLI, A. P.; MIRANDA, M.Z.; CHANG, Y. P. Efeito de melhoradores nas propriedades reológicas e de panificação da massa de farinha de trigo. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 17, n. 1, p. 11 – 16, jan/abr. 1997.

GUTKOSKI, L. C.; NETO, R. J. Procedimento para teste laboratorial de panificação – pão tipo forma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.5, p.873-879, 2002.

HAUG, A.; HOSTIMARK, A. T. Lipoprotein lipases. Lipoprotein and tissue lipids in rats fed fish oil or coconut oil. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.17, n.6, p.1011-1017, Oct. 1987.

HAVET, M.; MANAKAI, M.; BAIL, A. Influence of the freezing condition on the baking performances of French frozen dough. **J. Food Eng.** 45:139-145, 2000.

HAYMAN, D.; HOSENEY, R.C.; FAUBION; J.M. Bread crumb grain development during baking. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 75, n. 5, p. 577-580, 1998.

HE, H.; HOSENEY, R.C. Gas retention of different cereal flours. **Cereal Chemistry**, v. 68, n. 4, p. 334 -336, 1991.

HIANE, P.A.; MECEDO, M.L.R.; SILVA, G.M.; NETO, J.A.B. Avaliação nutricional de proteína de amêndoas de bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., em ratos

wistar em crescimento. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**. v. 24, n. 1, p. 191 – 206, jan/jun. 2006.

HOSENEY, R.C. **Principios de ciencia y tecnología de los cereales**. Zaragoza: Espanha, Editora Acribia, S.A. 1991. 321p.

HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994. 825p.

HU, P. et. al. Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose contents. **Journal of Cereal Science**, v. 40, p. 231-237, 2004.

HUG-ITEN, S.; ESCHER, F.; CONDE-PETIT, B. Structural Properties of Starch in Bread and Bread Model Systems: Influence of an Antistaling α -Amylase. **Cereal Chemistry**. 78(4):421–428, 2001

JUNIOR, M. S. S.; OLIVEIRA, W. M. de; CALIARI, M.; VERA, R. Otimização da formulação de pães de forma preparados com diferentes proporções de farinha de trigo, féculas de mandioca e okara. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**. v. 24, n. 1, p. 221 – 248, jan/jun. 2006.

KUNITZ, M. Crystallization of trypsin inhibitor from soybeans. **Science**, v. 101, p. 668-669, 1945.

LÁSZTITY, R. Rice proteins; introduction, protein content and distribution. In: **The chemistry of cereal proteins**. Flórida: CRC Press, 1984, chap.8, p.165-176.

LORIMER, N. L.; ZABIK, M. E.; HARTE, B. J.; STACHIW, N. C.; UEBERSAX, M. A.. Effect of navy bean protein flour and navy bean globulin(s) on composite flour rheology, chemical bonding, and microstructure. **Cereal Chemistry**. 68:213-220, 1991.

MIZRAHI, S; ZIMMERMANN, G; BERK, Z; COGAN, U. The Use of Isolated Soybean Proteins in Bread. **Cereal Chemistry**, 44:193–203, 1967.

MESSINA M., MESSINA, V. SETCXHELL, K.D.R. The simple soybean and your health. New York: Avery Publishing Group, 1994. 260p.

MOHAMED, A. A.; RAYAS-DUARTE, P.; SHOGREN, R. L.; SESSA, D. J. Low carbohydrates bread: Formulation processing and sensory quality. **Food Chemistry**. V 99 (2006), 686 – 692.

MORRETO, E. **Óleos e gorduras vegetais: processamento e análises**. ed. Cidade, p 109-110. 1989.

NAS, National Academy of Science. National Research Council. **Evaluation of Protein Quality**. Washington, 1963, 74p.

NEITZEL, L. H. **Influência da formulação no congelamento de massa de bolo e na qualidade do produto final**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

PARK, C. S.; BAIK, B. K. Relationship Between Protein Characteristics and Instant Noodle Making Quality of Wheat Flour. **Cereal Chemistry**, 81(2):159-164. 2004.

PELLET, P.L.; YOUNG, V. R. Nutritional evaluation of protein foods. Tokyo: **The United University**, 1980, 154p.

PEREIRA, J.; CIACCO, C. F.; VILELA, E. R. Function of the ingredients in the consistency of the dough and in the characteristics of the cheese breads. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Oct./Dec., vol.24, no.4, p.494-500, 2004.

PIROZI, M. R.; GERMANI, R. Efeito do armazenamento sobre as propriedades tecnológicas da farinha, de variedades de trigo cultivadas no Brasil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Paraná, v. 41, n. 1, p. 155-169, 1998.

QUAGLIA, G. **Ciencia y Tecnología de la Panificación**. Editora Acribia, S. A. Zaragoza, Espanha. 485p., 1991.

QUEDRAOGO, C.L., COMBE, E., LALLES, J.P., TOUL-LEC, R., TRECHE, S., GRONGNET, J.F. Nutritional value of the proteins of soybeans roasted at a small-scale unit level in Africa as assessed using growing rats. **Reprod Nutr.**, 39:201-12, 1999.

QUIRCE, A. G.; PRADOS, A. M. G. DE LENA, A. A.; IBAÑEZ, E. R.; PASCUAL, E. V.; BALBÁS, F. R.; PLACENCIA, J. M. B.; PALLARES, M. G.; CALVO, P. A. C. **Materias primas de panadería y pastelería**. Valencia: Junta de Castilla y Leon, 2002. 310p.

RAO, G. V.; RAO, P. H.; Methods for determining rheological characteristic of doughs: a critical evaluation. **Journal of Food Science and Technology**, v 30, n. 2, p. 77 – 87, 1993.

REEVES, P.G.; NIELSEN, F.H.; FAHEY JR., G. C. AIN-93 purified diets for laboratory rodents; final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 1, n. 11, p. 1939-1951, 1993.

RHINGRA, S.; SUDESH, J. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. **Journal Food Chemistry**. v. 77, p 479 – 488, 2001.

RODRIGUES, R. S. **Caracterização de extratos de soja obtidos de grãos, farinha integral e isolado protéico visando à formulação e avaliação biológica (em coelhos) de bebida funcional à base de soja e polpa de pêssego**. 2003. 177p. Tese. (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ROJAS, J.A.; ROSELL, C.M.; DE BARBER, C.B. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 13, p. 27-33, 1998.

ROSELL, C.M.; ROJAS, J.A.; BENEDITO DE BARBER, C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. **Food Hydrocolloids**, v.15, p.75-81, 2001.

ROUILLÉ, J.; BAIL, A. L.; COURCOUX, P. Influence of formation and mixing conditions on bread making qualities of French frozen dough. **J. Food Eng.** 43:197-203, 2000.

RYAN, K. J.; HOMCO-RYAN, C. L.; JENSON, J.; ROBBINS, K. L.; PRESTAT, C.; BREWER, M. S. Lipid Extraction Process on Texturized Soy Flour and Wheat Gluten Protein-Protein Interactions in a Dough Matrix. **Cereal Chemistry**. 79(3):434–438,

SALAS-MELADO, M. M. **Estudo da influencia da formulação e das condições operacionais dos tipos de congelamento na qualidade da massa e do pão.** 2003. 242p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SCHIFFMAN, L. G.; KANUK, L. L. 2000. **Consumer Behavior.** New Jersey: Prentice Hall, Inc. 608p.

SEGURA, E.; MAHECHA, G.; MORENO, B.E.; RODRÍGUES, G.S. Desarrollo de un producto alimenticio a base de arroz, para uso infantil. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.38, n.2, p.278-287, 1988.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações.** 1. ed. São Paulo: Editora Varela, 1996, 517p.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento.** Campinas. Editora da Unicamp; São Paulo, 1987.

SHARADANANT, R.; KHAN. K. Effect of Hydrophilic Gums on the Quality of Frozen Dough: II. Bread Characteristics. **Cereal Chemistry.** 80(6):773-780. 2003.

SHENG, D.Y. Rice-based ingredients in cereals and snacks. **Cereal Foods World.** St Paul, v. 40, n.8, p 538-540, 1995.

SHUKLA, A.; BRANDSCH, C.; BETTZIECHE, A.; HIRCHE, F.; STANL, G. I.; EDER, K. Isoflavone-poor soy protein alters the lipid metabolism of rats by SREBP-mediated down-regulation of hepatic genes. **Journal of Nutritional Biochemistry.** xx, (2006) xxx – xxx.

SILVA, M. E. M. P., YONAMINE, G. H., MITSUIKI, L. Desenvolvimento e Avaliação de Pão Francês Caseiro sem Sal. **Braz. J. Food Technol.**, v.6, n.2, p. 229-236, jul./dez., 2003.

SILVA, S.; CARVALHO, F. I. F.; NEDEL, J. L.; VASCONCELLOS, N. J. S.; CRUZ, P. J.; SIMIONI, D.; SILVA, J. A. G. da. Composição de subunidades de gluteninas de alto peso molecular (HMW) em trigos portadores do caráter “stay-green” **Ciência Rural**, vol.34 no.3 Santa Maria May/June 2004.

SIVARAMAKRISHNAN, H. P.; SENGE, B.; CHATTOPADHYAY, P. K. Rheological properties of rice dough for making breads. **Journal of Food Engineering**, n. 62, 2004. p. 37 – 45.

STEINKE, F.H.; HOPKINS, D.T. Complementary and supplementary effects of vegetable protein. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.28, n.6, p.338-341, 1983.

SOTELO, A.; SOUZA, V.; MONTALVO, L.; HERNADEZ, M.; HERNANDEZ-ARAGÓN, L. Chemical composition of different fraction of 12 mexican varieties and grain-type soybeans. **Cereal Chemistry**. St. Paul, v. 67, n. 2, p 209 – 212, 1990

SZALAY, A.; MURÁNYI, A. Micronutrient content of some cereals and cereal products. **Acta Alimentaria**, Budapest, v.11, n.4, p.351-362, 1982.

TIBURCIO, D. T. S. **Enriquecimento protéico de farinha de mandioca com farinha de soja de sabor melhorado: desenvolvimento e avaliação nutricional de um novo produto**. Viçosa, 2000. 67p. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa.

TORRES, N.; TORRE-VILLALVAZO, I.; TOVAR, R. Regulation of lipid metabolism by soy protein and its implication in diseases mediated by lipid disorders. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 17, p. 365-373, 2006.

TREDUS, G de A. S.; ORMENESE, R. de C. C.; SPERANZA, S. M.; CHANG, Y. K.; BUSTOS, F. M. 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**. v. 21, n. 1, jan/abr 2001.

VELOSO, J.A.F.; MEDEIROS, S.L.S.; AROUCA, C.L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; OLIVEIRA, S.G. Composição química, avaliação físico-química e nutricional e efeito da expansão do milho e do farelo de soja para suínos em crescimento. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**. vol.57 no.5 Belo Horizonte Oct. 2005.

YANEZ, E. Enriquecimiento de pan con harina de soya. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. Caracas, v. 32, p. 417 – 419, jun 1982.

YLIMAKI, G.; HAWARYSH, Z. J.; HARDIN, R. J.; THOMSON, A. B. R. Application of response surface methodology to the development of rice flour yeast breads: objective measurements. **Journal Food Science**. 1988; 53 (6):1800-5.