

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



Dissertação

**Propriedades Reológicas de Farinhas Mistas de Arroz e
Trigo para Elaboração de Massa de Pizza**

Sandra Iunes Raimann

Pelotas, 2006

SANDRA IUNES RAIMANN

**PROPRIEDADES REOLÓGICAS DE FARINHAS MISTAS DE ARROZ E TRIGO
PARA ELABORAÇÃO DE MASSA DE PIZZA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (Ciência e Tecnologia Agroindustrial).

Orientador: Prof. Dr. Manoel Artigas Schirmer

Co-Orientadora: Profa. Dra. Márcia Arocha Gularte

Pelotas, 2006

Banca examinadora:

.....
Prof. Dr. Manoel Artigas Schirmer

.....
Prof. Dr. Luiz Carlos Gutkoski

.....
Profa. Dra. Myriam de las Mercedes Salas-Mellado

***Aos meus pais Nilo e Marilene, meu irmão Daniel, minhas irmãs Viviane e
Cristiane e ao meu namorado Frederico***

Dedico

Agradecimentos

Ao professor Manoel Artigas Schirmer, que foi mais que um orientador, foi sim um amigo, me fazendo acreditar em mim mesma.

À professora Márcia Arocha Gularte, pela dedicação e amizade.

Ao professor Alvaro Renato Guerra Dias, pelos conhecimentos compartilhados.

Ao professor Moacir Cardoso Elias, por proporcionar as condições para a realização deste Mestrado no Laboratório de Pós-Colheita e Industrialização de Grãos.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial pelos ensinamentos e convívio.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial e aos bolsistas e estagiários do Laboratório de Pós-Colheita e Industrialização de Grãos, pela ajuda e agradável convivência.

À UFPel, à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel e ao Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, pela oportunidade oferecida para a realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

Resumo

RAIMANN, Sandra Iunes. **Propriedades reológicas de farinhas mistas de arroz e trigo para elaboração de massa de pizza**. 2006. 88f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O objetivo deste trabalho foi estudar a substituição parcial de farinha de trigo por farinha de arroz na elaboração de pré-pizzas, bem como estudar o uso das enzimas α -amilase e hemicelulase. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pós-Colheita e Industrialização de Grãos, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas. No primeiro estudo foram testados três níveis da preparação enzimática (200, 300 e 400mg.Kg⁻¹) e três tempos de fermentação (30, 45 e 60 minutos). No segundo estudo, foram avaliadas sete formulações, variando níveis de farinha de arroz (10, 20 e 30%), sendo com e sem adição das enzimas e uma amostra controle (100% de farinha de trigo). As misturas de farinha de trigo e arroz foram avaliadas quanto aos parâmetros alveográficos, bem como, as pré-pizzas foram avaliadas quanto ao volume específico e atributos sensoriais. Os dados foram analisados estatisticamente através de superfície de resposta e ANOVA. O uso combinado das enzimas melhorou a aparência do miolo e o volume específico. O aumento do tempo de fermentação não afetou a aparência e melhorou o volume. A substituição da farinha de trigo por farinha de arroz em níveis de até 10% com a adição das enzimas α -amilase e hemicelulase em níveis de 400mg.Kg⁻¹ permitiu elaborar pré-pizzas com volume significativamente maior que a controle. Os resultados de volume específico e atributos sensoriais demonstram que a substituição de 20% de farinha de trigo por farinha de arroz e com adição de enzimas é viável. A adição de enzima complementarmente recupera a maquinabilidade e a extensibilidade das massas de pizza que contêm farinha de arroz. O método de elaboração das massas de pizza proposto neste trabalho pode vir a ser utilizado como um método laboratorial e contribuir em diversos trabalhos de pesquisa com massas de pizza.

Palavras-chave: Farinhas mistas de arroz e trigo. Hemicelulase. α -amilase. Pizza. Alveografia. Avaliação sensorial.

Abstract

RAIMANN, Sandra Iunes. **Propriedades reológicas de farinhas mistas de arroz e trigo para elaboração de massa de pizza**. 2006. 88f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The aim of this work was to study the partial replacement of wheat flour by rice flour in the elaboration of pre-pizzas. The partial addition of rice flour on production of pre-pizza, as well as the use of the α -amylase and hemicellulase enzymes were analysed. In the first study it was tested three levels of enzymes (200; 300 and 400mg.Kg⁻¹), and three times of fermentation (30; 45 and 60min). In the second study seven formulations were prepared, varying levels of rice flour (10; 20 and 30%) without and with addition of 400mg.Kg⁻¹ enzymes and a control sample (100% wheat flour). Following the elaboration of pre-pizza, alveographics parameters were determined and the sensory evaluation and specific volumes were assessed. The data was analysed by the ANOVA statistical package. The results obtained allowed to conclude that the use of combined enzyme improved the crumb appearance and the specific volumes, and the increase of the time of fermentation did not affected the first and increased the last; and also it was possible to conclude that the replacement of wheat flour by rice flour in levels up to 10% with addition of enzymes in levels of 400mg.Kg⁻¹ produce pizzas with significant volume bigger than the control and the replacement in levels up to 20% rice flour with addition of enzymes is viable and the enzymes complementarily recover the maquinability and extensibility of pizza doughs. The method used in this work to prepare pizza disc, in the alveograph, may contribute to research in pizza production.

Keywords: Rice and wheat mixed flour. Hemicellulase. α -amylase. Pre-pizza. Sensory evaluation. Alveograph.

Lista de Figuras

- Figura 1** Influência do tempo de fermentação e da adição de 200mg.Kg-1 de preparação enzimática nos atributos sensoriais aparência da crosta e do miolo das pizzas (da direita para a esquerda: 30, 45 e 60 minutos de fermentação) ... 50
- Figura 2** Influência do tempo de fermentação e da adição de 300mg.Kg-1 de preparação enzimática nos atributos sensoriais aparência da crosta e do miolo das pizzas (da direita para a esquerda: 30, 45 e 60 minutos de fermentação) ... 51
- Figura 3** Influência do tempo de fermentação e da adição de 400mg.Kg-1 da preparação enzimática nos atributos sensoriais aparência da crosta e do miolo das pizzas (da direita para a esquerda: 30, 45 e 60 minutos de fermentação) ... 52
- Figura 4** Influência do tempo de fermentação e da concentração de preparação enzimática na expansão das pizzas (da direita para a esquerda: 30, 45 e 60 minutos de fermentação; de baixo para cima: 200, 300 e 400 mg.Kg-1 de preparação enzimática)..... 53
- Figura 5** Superfície de resposta para o volume específico das pizzas..... 59
- Figura 6** Curva de contorno para o volume específico das pizzas 59
- Figura 7** Influência da substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática na expansão das massas de pizza..... 72

Lista de Tabelas

Tabela 1	Planejamento experimental utilizado na avaliação da concentração da preparação enzimática e tempo de reação nos parâmetros alveográficos das farinhas	36
Tabela 2	Matriz de planejamento experimental para avaliação da concentração de preparação enzimática e do tempo de fermentação no volume específico e atributos sensoriais das pizzas	37
Tabela 3	Planejamento experimental utilizado na avaliação da proporção de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática no número de queda, nos parâmetros alveográficos, no volume específico e nos atributos sensoriais	38
Tabela 4	Planejamento experimental utilizado na avaliação da concentração da preparação enzimática e tempo de reação nos parâmetros alveográficos das massas.....	44
Tabela 5	Matriz de planejamento experimental para avaliação da concentração de preparação enzimática e do tempo de fermentação no volume específico e atributos sensoriais das pizzas	45
Tabela 6	Influência da adição da preparação enzimática à farinha de trigo no número de queda.....	46
Tabela 7	Influência da adição da preparação enzimática à farinha de trigo na absorção de água e no volume de solução de NaCl à 2,5%	47
Tabela 8	Influência da adição da preparação enzimática à farinha de trigo, em 20 e 60 minutos de reação, nos parâmetros alveográficos	48
Tabela 9	Aparência da crosta e do miolo e volume específico (variáveis resposta) das pizzas	54
Tabela 10	Efeito da concentração de preparação enzimática e do tempo de fermentação no volume específico e nos atributos sensoriais das pizzas	55
Tabela 11	Valores de F calculado e F tabelado para cada resposta estudada nas Pizzas	57

Tabela 12	Coeficientes de regressão para o volume específico das pizzas	58
Tabela 13	Tabela da análise de variância (ANOVA) para o volume específico das Pizzas	58
Tabela 14	Planejamento experimental utilizado na avaliação da proporção de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática no número de queda, nos parâmetros alveográficos, no volume específico e nos atributos sensoriais	67
Tabela 15	Número de queda das misturas de farinhas de trigo e arroz.	68
Tabela 16	Solução salina (2,5% NaCl) adicionada às misturas de farinhas de trigo e arroz, sem e com adição da preparação enzimática	69
Tabela 17	Influência da substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática nos parâmetros alveográficos	70
Tabela 18	Influência da substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática no volume específico das pizzas	73
Tabela 19	Influência da substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática nos atributos sensoriais maciez, aparência do miolo e da crosta das pizzas	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Massas de pizza	14
2.2	Propriedades funcionais das proteínas de trigo e arroz	15
2.3	Farinha de arroz	16
2.4	Utilização de farinhas mistas em produtos de panificação	17
2.5	Enzimas para panificação	21
2.5.1	α -amilase	23
2.5.2	Pentosanases	25
2.6	Avaliações reológicas em panificação	27
2.6.1	Número de queda	27
2.6.2	Alveografia	28
2.6.3	Consistografia	29
2.7	Avaliações físicas e sensoriais	30
2.7.1	Volume específico	30
2.7.2	Análise sensorial	30
3	METODOLOGIA GERAL	31
3.1	Material	31
3.2	Métodos	32
3.2.1	Composição química	32
3.2.2	Número de queda	32
3.2.3	Consistografia	32
3.2.4	Alveografia	33
3.2.5	Elaboração das massas de pizza	34
3.2.6	Volume específico	35
3.2.7	Avaliação sensorial	35
3.2.8	Planejamento experimental e análise estatística	35
4	ESTUDO 1 – INFLUÊNCIA DA PREPARAÇÃO ENZIMÁTICA E DO TEMPO DE FERMENTAÇÃO BIOLÓGICA NAS PIZZAS	39
4.1	Introdução	39
4.2	Material e métodos	40
4.2.1	Material	40
4.2.2	Métodos	41
4.2.2.1	<i>Composição química</i>	41
4.2.2.2	<i>Número de queda</i>	41
4.2.2.3	<i>Consistografia</i>	41
4.2.2.4	<i>Alveografia</i>	42
4.2.2.5	<i>Elaboração das massas de pizza</i>	42
4.2.2.6	<i>Volume específico</i>	43
4.2.2.7	<i>Avaliação sensorial</i>	43
4.2.2.8	<i>Planejamento experimental e análise estatística</i>	44

4.3	Resultados e discussão	46
4.3.1	Influência da adição de α -amilase.....	46
4.3.2	Influência da concentração da preparação enzimática na absorção d'água da farinha	47
4.3.3	Influência da concentração da preparação enzimática e do tempo de fermentação nos parâmetros alveográficos das farinhas	47
4.3.4	Influência da concentração da preparação enzimática e do tempo de fermentação no volume específico e nos atributos sensoriais das pizzas	50
4.3.4.1	<i>Análise de efeitos da concentração da preparação enzimática e do tempo de fermentação no volume específico e nos atributos sensoriais das pizzas</i>	<i>55</i>
4.3.4.2	<i>Verificação de modelos empíricos lineares que relacionam a concentração de preparação enzimática e do tempo de fermentação (variáveis independentes) com o volume específico e atributos sensoriais (variáveis resposta) das pizzas</i>	<i>57</i>
4.4	Conclusões do estudo 1	60
5	ESTUDO 2 – INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DE FARINHA DE TRIGO POR FARINHA DE ARROZ E DA ADIÇÃO DA PREPARAÇÃO ENZIMÁTICA NAS PIZZAS	61
5.1	Introdução	61
5.2	Material e métodos.....	62
5.2.1	Material	63
5.2.2	Métodos	63
5.2.2.1	<i>Composição química</i>	<i>63</i>
5.2.2.2	<i>Número de queda</i>	<i>63</i>
5.2.2.3	<i>Consistografia</i>	<i>64</i>
5.2.2.4	<i>Alveografia</i>	<i>64</i>
5.2.2.5	<i>Elaboração das massas de pizza.....</i>	<i>65</i>
5.2.2.6	<i>Volume específico.....</i>	<i>65</i>
5.2.2.7	<i>Avaliação sensorial</i>	<i>66</i>
5.2.2.8	<i>Planejamento experimental e análise estatística</i>	<i>66</i>
5.3	Resultados e discussão	67
5.3.1	Influência da adição de α -amilase.....	67
5.3.2	Influência da concentração da preparação enzimática na absorção d'água das farinhas.....	68
5.3.3	Influência da substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática nos parâmetros alveográficos das farinhas.....	69
5.3.4	Influência da substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática no volume específico e nos atributos sensoriais das pizzas	71
5.4	Conclusões do estudo 2.....	75
6	CONCLUSÕES GERAIS	77
	REFERÊNCIAS.....	78
	APÊNDICE	85

1 INTRODUÇÃO GERAL

O arroz há muitos séculos é consumido no Oriente, tanto na forma de grão inteiro como na forma de produtos derivados. Já, no Ocidente, o hábito de consumo se restringe ao grão inteiro. Porém, a indústria do arroz gera grande quantidade de grãos quebrados, que pode representar em média 14% da matéria-prima processada, e o baixo valor comercial destes faz com que os órgãos de pesquisa se voltem para a busca de uma utilização de maior importância econômica e comercial para este subproduto gerado durante o beneficiamento.

Uma alternativa possível é a utilização dos grãos quebrados na produção de farinha de arroz, substituindo parcial ou totalmente a farinha de trigo em produtos de grande importância comercial. Essa possibilidade pode atender a dois interesses: agregar valor a um subproduto bastante disponível no Brasil, e reduzir os gastos de divisas do país na importação de trigo, o que pode vir a melhorar o desempenho da balança comercial brasileira. Uma oportunidade interessante com este objetivo é utilizar a farinha de arroz em produtos de panificação.

Os estudos sobre a utilização de farinha de arroz em produtos de panificação mostram limitações porque afetam as características dos produtos convencionais, porque o arroz não possui o complexo protéico que forma o glúten, responsável pela formação de uma massa viscoelástica com habilidade de reter gás e produzir um produto de panificação macio. Contudo, a farinha para a elaboração de pizzas deve apresentar maior extensibilidade do que a farinha utilizada para pães, pois a massa de pizza ao ser esticada precisa manter o seu formato, sem retrair-se. Assim, a adição de farinha de arroz na formulação não afeta tanto as características das pizzas como afeta no pão.

A utilização da farinha de arroz, por outro lado, foi relatada por Gularte (2004) como contribuindo para as características sensoriais, e em especial, a maciez de pizza. Além disso, a influência da farinha de arroz sobre as características tecnológicas e sensoriais de produtos de panificação pode ser minimizada pela utilização de farinha de trigo com maior força geral do glúten e/ou quando utilizada farinha de arroz de baixo teor de amilose.

Porém, no Brasil e principalmente na Região Sul, farinhas de trigo forte e farinha de arroz de baixa amilose tem limitada disponibilidade. Uma alternativa para obter-se produtos de panificação com melhores características funcionais é a utilização de aditivos químicos, tais como bromato de potássio, porém estes têm sido rejeitados devido aos prováveis problemas que causam à saúde (QUIRCE et al., 2002). A adição de enzimas α -amilase e hemicelulase tem demonstrado melhorar as características tecnológicas e sensoriais de pizzas. Essas enzimas, portanto, podem atuar favoravelmente em produtos de panificação elaborados com farinhas mistas de arroz e trigo.

O objetivo deste trabalho, o qual faz parte de uma linha de pesquisa do Grupo de Pós-Colheita e Industrialização de Grãos, voltado para a melhoria do desempenho industrial e da agregação de valor às matérias-primas regionais, foi avaliar a elaboração de pizzas com misturas de farinha de trigo e de arroz adicionadas das enzimas α -amilase e hemicelulase.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MASSAS DE PIZZA

A história da pizza começa na Roma de César, antes da Era Cristã. Conta-se que os nobres desta época comiam o pão de Abraão, uma massa de farinha, água e sal que vai ao forno bem quente. A ele eram acrescentados ervas e alho. Essa mistura era chamada de *Piscea*. A variação das coberturas foi amadurecendo com o passar dos anos, até que o tomate chegou a Europa trazido por Cristóvão Colombo daí para frente a massa de tomate foi incorporada totalmente a estas. Houve época em que essa iguaria era comida no café da manhã e vendida por ambulantes. À medida que se tornou mais popular, erguiam-se barracas onde era vendida a massa em formatos diferenciados, de acordo com o pedido do cliente. O primeiro pizzaiolo da história foi Don Raffaele Espósito, proprietário de uma famosa pizzeria de Nápoles, a *Pietro il Pizzaiolo*. Don Raffaele ficou famoso a partir do verão de 1889, quando foi cozinhar no palácio Capodimonte para os soberanos rei Humberto I e sua rainha Margherita de Sabóia, que estavam em visita à Cidade. O pizzaiolo, para prestar uma homenagem à rainha, resolveu fazer a pizza com as cores da bandeira italiana - branco, vermelho e verde. A rainha gostou tanto da pizza que Don Raffaele a batizou com o seu nome. Embora a origem da pizza, como hoje é conhecida, seja italiana, os maiores consumidores são Estados Unidos e Brasil, com destaque para as cidades de Nova Iorque e São Paulo (DIA DA..., 2004). Estima-se que na capital paulista existam 5,5 mil pizzarias, sem levar em conta as casas que funcionam exclusivamente com o serviço de tele-entrega, o que corresponde a mais de 1 milhão de pizzas sendo consumidas diariamente, razão pela qual São Paulo é considerada a capital latino-americana da pizza (ESTILO..., 2004).

A massa de pizza é produzida, comumente, a partir de farinha de trigo, água, sal, fermento biológico e gordura. Estes ingredientes são misturados para formar a massa, a qual é deixada em repouso, depois é moldada e assada em forno. O método e a formulação dos ingredientes para a elaboração de massas de pizza variam muito entre as pizzarias e entre as indústrias, sendo que a maior parte da

produção acontece de forma semi-artesanal nas pizzarias, dificultando o estabelecimento de um padrão de qualidade das massas. Na produção industrial, no entanto, tem sido observado que a pizza difere em qualidade, dia a dia, embora produzida pelo mesmo método (LARSEN et al., 1993).

A aparência, o sabor e, mais significativamente, a textura são fatores importantes para identificação e aceitação das massas de pizza pelo consumidor. Porém, como sua popularidade é relativamente recente, comparada à de outros produtos de panificação, a qualidade das pizzas não tem sido muito pesquisada (WANG et al., 2005). Embora isso tenha sido atribuído a qualquer variação não-controlada na farinha usada na formulação ou nas etapas do processo de produção das massas, a solução final permanece não-esclarecida. Têm-se poucas informações disponíveis sobre os efeitos do tipo de farinha e tempo de inativação da fermentação na qualidade de pizzas (AGUIAR, 1995).

2.2 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS DE TRIGO E ARROZ

As proteínas de reserva do trigo são únicas porque elas também são reconhecidas pelas suas propriedades viscoelásticas. As prolaminas (gliadinas) do trigo (40-50%) são extremamente pegajosas e responsáveis pela viscosidade e extensibilidade em um sistema de massa, enquanto que as glutelinas (gluteninas) fornecem elasticidade. As prolaminas e glutelinas unidas através de ligações covalentes e não covalentes formam o complexo de glúten e resultam em uma massa viscoelástica que tem a habilidade de reter gás e produzir um produto de panificação macio (LINDSAY; SKERRITT, 1999; GUJRAL; ROSELL, 2004).

O arroz, por outro lado, tem pouca prolamina (2,5-3,5%), e não forma uma massa viscoelástica quando a farinha de arroz é misturada com água. Portanto, os gases produzidos durante a fermentação e forneamento não são retidos e o produto de arroz resultante tem um baixo volume específico, e não se assemelha ao pão de trigo (GUJRAL; ROSELL, 2004).

2.3 FARINHA DE ARROZ

O arroz (*Oryza sativa*, L) é o principal cereal na dieta dos brasileiros, com consumo de 47kg/habitante/ano, sendo a Região Sul responsável por aproximadamente 50% da produção nacional deste cereal, o que corresponde a mais de 6,0 milhões de toneladas na safra de 2003/2004 (IRGA, 2005). Porém, a maior parte da produção é destinada para o consumo de mesa, não levando em conta sua utilização em produtos alimentícios diferenciados. Durante o processo de beneficiamento do arroz produz-se em média 14% de grãos quebrados, classificados como quirera, que têm pouco valor industrial e são destinados para a indústria cervejeira ou para a nutrição animal. A moagem desta quirera dá origem à farinha de arroz, um produto praticamente desconhecido e inexistente no mercado varejista brasileiro (DENARDIN et al., 2005).

Segundo Gularte (2004), na Espanha está sendo utilizada a farinha de arroz na massa de pizza para melhorar suas características sensoriais (informação verbal)¹. E, recentemente foi noticiado no jornal (SCHNEID, 2006) que está sendo fabricado, em Alegrete – RS, pizzas com até 30% de farinha de arroz.

Muitos países asiáticos já utilizam a farinha de arroz na elaboração de produtos diversificados devido às suas propriedades únicas, como o fato de ser hipoalergênica, incolor e ter sabor suave. Além disso, comparado a outros cereais, o arroz tem um maior conteúdo de lisina e suas glutelinas têm um perfil de aminoácidos mais balanceado do que a prolamina do trigo, que é deficiente em lisina e triptofano. Contudo, as proteínas do arroz não têm a habilidade de formar a rede necessária para reter o gás produzido na fermentação durante a panificação e, portanto, a farinha de arroz não pode competir com a de trigo na produção de pães (GUJRAL; ROSELL, 2004). Por outro lado, a utilização deste produto em formulações que não necessitem de um crescimento muito pronunciado é viável e, portanto, pode ser a chave para o desenvolvimento do mercado de farinha de arroz como substituto parcial ou total da farinha de trigo em determinados produtos alimentícios (DENARDIN et al., 2005).

Em países onde a produção de arroz é mais adequada que a de trigo, por causa das condições climáticas, é desejável substituir parcialmente farinha de trigo

¹ Informação fornecida por M. GULARTE através de comunicação pessoal, após a realização de Doutorado Sanduíche na Espanha, em 2004.

por farinha de arroz em produtos de panificação (SIVARAMAKRISHNAN et al., 2004).

2.4 UTILIZAÇÃO DE FARINHAS MISTAS EM PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO

Várias farinhas podem ser misturadas à farinha de trigo para uso em produtos de panificação, denominando-se tal mistura de farinha mista ou composta (EL-DASH; GERMANI, 1994).

No Brasil, com o crescente consumo de trigo e os altos índices de importação do referido cereal, iniciou-se, na década de 70, pesquisas voltadas para sua substituição parcial por farinhas sucedâneas, de produção nacional. Estas pesquisas apontavam os benefícios que seriam obtidos pela substituição, entre eles, redução nas importações do trigo; redução dos gastos governamentais com o subsídio; aumento do consumo de farinhas nacionais tais como de mandioca, milho, sorgo, arroz, entre outras (MACHADO, 1996; PEREZ; GERMANI, 2004).

Entre os fatores que afetam o grau de substituição têm-se a qualidade do trigo, a qualidade da farinha, o grau de extração, o uso de aditivos, métodos de panificação, tipo de produto elaborado e qualidade das farinhas sucedâneas (EL-DASH, 1983; HOSENEY, 1990).

A qualidade do trigo produzido no país é considerada de extrema importância para avaliação do trigo e da quantidade apropriada da farinha sucedânea que pode ser incorporada. A qualidade da farinha de trigo e seu grau de extração influenciam diretamente na tolerância de diluição da farinha, sendo que as farinhas de trigo com maior conteúdo protéico, glúten mais forte ou menor grau de extração tendem a tolerar maior quantidade de farinha sucedânea do que as farinhas com alto grau de extração (EL-DASH, 1983).

A tolerância da farinha de trigo à adição de farinhas sucedâneas pode ser aumentada e a qualidade do pão melhorada com o emprego de aditivos. Estes aditivos podem ser os oxidantes, como bromato e iodato de potássio, que proporcionam melhora na qualidade e força do glúten, emulsificantes como estearoil-lactilato de cálcio, que melhoram o desempenho do amido e a reologia da massa; vários monoglicerídeos ou derivados de ácidos graxos (EL-DASH, 1983). Atualmente, tem-se substituído o emprego de aditivos químicos por enzimas, que

são mais seguras do ponto de vista da saúde, pois são inativadas no processo e não remanescem ativas no produto final (QUIRCE et al., 2002).

Segundo Machado (1996), o método de panificação utilizado deve ser avaliado na determinação do nível ótimo de farinha sucedânea empregado e os tipos de produtos que serão fabricados. Dependendo do método empregado pode-se aumentar o nível da farinha sucedânea ou utilizar trigo de menor força, obtendo-se resultados favoráveis. Entre os produtos de panificação, o pão é o menos tolerante a farinhas sucedâneas, porque exige glúten de alta qualidade, disponível em farinha de trigo de boa qualidade. A formulação e a composição das matérias-primas também exercem grande influência na tolerância das farinhas sucedâneas, sendo que altos teores de gordura e açúcar tendem a aumentar esta tolerância.

A qualidade das farinhas sucedâneas a serem adicionadas à farinha de trigo depende de certos fatores como o método de processamento, a qualidade da matéria-prima, o sistema de controle de qualidade na fabricação entre outros, os quais devem ser rigorosamente controlados, ou seja, a especificação do padrão de qualidade deve ser previamente estabelecida para que não haja interferência na qualidade tecnológica do produto final, segundo El-Dash (1983).

A substituição parcial da farinha de trigo por outras farinhas de produção nacional é muito recomendável por acarretar benefícios econômicos para o país, no sentido de reduzir a importação do trigo, porém, mesmo com todo estudo, a substituição é limitada e acarreta redução na qualidade do pão (MACHADO, 1996).

A adição de derivados de mandioca (farinha de mandioca refinada, farinha de raspa de mandioca e fécula de mandioca) à farinha de trigo não é uma prática nova. Historicamente, a decisão de produzir farinhas mistas esteve atrelada a questões econômicas e políticas. Isso pode ser constatado nos termos do Decreto-Lei de 1937, do Serviço de Fiscalização do Comércio, que estimulava a produção de pão misto com 70% de farinha de trigo e 30% de sucedâneos. Naquela época, o aspecto econômico que justificava o referido decreto era justamente reduzir as importações de trigo e melhorar o desempenho da balança comercial. Parecia claro, portanto, que as restrições de ordem técnica que existiam (e que persistem) podiam ser resolvidas, em parte, pelo mercado, desde que amparadas por força das leis de mercado (relação de preços) ou pela intervenção governamental. Faz-se necessário, agora, discutir com profundidade as implicações e as restrições de ordem econômica e social da proposta de inclusão de farinhas de mandioca à farinha de trigo, assunto

que volta à tona, por provocação do Projeto de Lei no. 4.679, apresentado pelo deputado federal Aldo Rebelo. O referido Projeto de Lei dispõe sobre a obrigatoriedade da adição de, no mínimo, 10% de farinha de mandioca refinada, farinha de raspa de mandioca ou fécula de mandioca à farinha de trigo (CARDOSO; GAMEIRO, 2002).

Várias farinhas ricas em amidos e em proteínas foram estudadas para substituírem parcialmente a farinha de trigo. As farinhas ricas em proteínas seriam de grande importância em áreas onde o suprimento de proteínas animais é deficiente, porque aumentariam a qualidade nutricional do pão. As farinhas ricas em amidos foram estudadas principalmente para tentar aproveitar raízes, tubérculos e alguns cereais, como a farinha do arroz, produzidos e pouco utilizados no país (EL-DASH, 1983).

Uma das farinhas ricas em proteínas estudada foi a farinha de soja desengordurada. Em um trabalho realizado nos Estados Unidos foram produzidos pães com 16-18% de farinha de soja desengordurada, porém usando uma farinha de trigo forte de excelente qualidade, o qual não é disponível no Brasil. Para farinhas obtidas de trigo forte a média força, o nível máximo de adição é de 10% (EL-DASH, 1983; MACHADO, 1996).

A farinha de tremoço doce possui alto teor protéico (39% em base seca), podendo ser adicionada em concentrações de 19% em farinhas de trigo nacional (78% de extração) sem nenhum efeito prejudicial na qualidade do pão, resultando produtos com maior valor nutritivo (EL-DASH, 1983; MACHADO, 1996).

Sallas e Vitti (1987) realizaram um estudo sobre as propriedades tecnológicas de farinha mista de trigo e amaranto. A farinha de trigo integral de amaranto com 17,6% de proteína bruta e 6,3% de matéria graxa foi utilizada na proporção de 20% de adição à farinha de trigo para obtenção de pães. A mistura, segundo os pesquisadores, é tecnologicamente viável, pois, as características reológicas da massa pouco diferiram daquelas da massa de farinha de trigo puro, além de resultarem pães de sabor agradável e aceitável.

Os experimentos realizados no Brasil com o programa da FAO (*Food Agricultural Organization*) mostraram que a farinha de trigo nacional adicionada com até 8% de farinha de raspas de mandioca, em combinação com um aditivo, o CSL (estearoil lactilato de cálcio) em proporções de 0,5%, pode produzir pão de boa qualidade, de acordo com El-Dash (1983).

Segundo Vitti e Pizzinatto (1975a,b), adições de até 15% de farinha de raspa de mandioca pré-gelatinizada na fabricação de pães resultaram em bons produtos quando combinações de ácido ascórbico e estearoil-2-lactato de cálcio foram empregadas. A combinação de soja à mistura também foi analisada na tentativa de melhorar o valor nutricional e bons resultados foram obtidos quando os aditivos foram utilizados.

Schroeder (1987) relatou o uso de farinhas de trigo em mistura com farinhas de soja integral, sorgo, trigo mourisco, raspa de mandioca e farinha de farelo de soja, nas proporções de 5, 10 e 15%. Foram avaliadas a cor da farinha, força, amassamento, prova de panificação, volume do pão, volume específico, cor do miolo, textura externa e gosto. Uma das conclusões do autor foi a de que as farinhas de soja e de trigo mourisco causam prejuízos na qualidade do pão quando comparadas com as farinhas de sorgo, raspa de mandioca e farelo de soja.

A farinha de cará pode ser adicionada à farinha de trigo nacional em concentração de até 16%, para produção de pão. A avaliação sensorial do pão mostrou a necessidade de habituar o consumidor a esse novo produto, pois seu sabor é mais adocicado e a casca mais macia, segundo El-Dash (1983).

Vitti et al. (1980) estudaram o preparo de farinha de milho integral e desengordurada e seu uso em produtos de panificação. Para o teste de panificação diluiu-se essa farinha em uma proporção de 25% de milho e 75% de trigo. A mistura foi usada no preparo de pão, biscoito, macarrão e bolo. Os produtos obtidos com a farinha mista apresentaram cor e aparência normais, demonstrando que as farinhas integral e desengordurada não prejudicam as características físicas dos produtos, na proporção usada.

As farinhas de milho (fubá) e de milho desengordurada podem ser misturadas à farinha de trigo na razão de 10-20%, produzindo um pão de qualidade razoável, segundo El-Dash (1983).

A farinha de sorgo representa uma boa alternativa para a substituição parcial, pois seu rendimento é alto e o preço é consideravelmente baixo, se comparado ao do trigo ou milho. Em um estudo com a farinha de sorgo, foi observado que, quando adicionada em um nível de 15% à farinha de trigo, não provocou decréscimo no volume do pão (MACHADO, 1996).

Gutkoski et al. (1993) relataram o uso de farinhas de trigo em mistura com farinhas de aveia na elaboração de pães tipo forma, francês e pré-pizza. Foram

avaliadas as características sensoriais de cada produto e os resultados permitiram concluir que para o pão tipo forma é possível uma adição de até 10% de farinha de aveia, para o pão francês de até 5% e para a pré-pizza até 10%.

Gularte et al.(2004) estudando as propriedades reológicas e físicas de pães com farinha de trigo e arroz, e utilizando farinha de trigo forte (W de 407×10^{-4} J), puderam concluir que a substituição de farinha de trigo por farinha de arroz pode ser de até 35% em pães de forma e de barra.

Aguilar et al. (2004) estudando a produção de pães de farinha de trigo e arroz, observaram resultados de volume específico em pães com 30 e 40% de farinha de arroz semelhantes ao pão de trigo utilizado como controle.

Segundo Nishita e Bean (1979), a utilização de farinha de arroz com baixo conteúdo de amilose (<20%) e com baixa temperatura de gelatinização (<65°C) possibilitou a adição de até 30% à farinha de trigo. A redução no volume do pão proporcionado pela adição de farinha de arroz pode ser compensada através do aumento no tempo de fermentação ou com emprego de algum surfactante ou α -amilase. Tanaka (1972), Granotec do Brasil (2004) e Novozymes (2004) fizeram sugestões similares em que indicam o emprego da combinação de α -amilase e hemicelulase na produção de massas de pizza.

Noomhorn e Bandola (1994) estudaram o efeito da variedade do arroz, da proporção de farinha do arroz e de níveis de enzima na qualidade de pães de farinhas mistas. O uso de α -amilase fúngica aumentou os escores de aroma e a aceitabilidade global de pães de farinhas mistas de trigo e arroz.

2.5 ENZIMAS PARA PANIFICAÇÃO

As enzimas são proteínas e sua função nos processos de panificação consiste em catalisar reações alterando as características do produto final (QUIRCE et al., 2002). Elas também servem como um instrumento para contrabalançar reduções no volume de pães, devido a mudanças desfavoráveis na qualidade de panificação da farinha (CAUVAIN; CHAMBERLAIN, 1988; ROUAU et al., 1994; POUTANEN, 1997) ou pelo uso de matérias-primas diferentes do trigo (KRISHNARAU; HOSENEY, 1994; NOOMHORN; BANDOLA, 1994).

O processo de panificação é dependente das enzimas para melhorar a qualidade das massas e dos produtos elaborados. As enzimas interferem durante o processamento e são eliminadas na etapa de cozimento do pão. Dependendo do tipo de pão, tipo de processo de panificação e da qualidade da farinha de trigo é possível combinar várias enzimas visando um efeito positivo no volume, cor, gosto, estrutura e maciez do miolo dos produtos elaborados. As enzimas desempenham efeitos específicos tanto na massa quanto no pão, não sendo necessário o uso de quantidades substanciais como das gorduras, emulsificantes e oxidantes. Entre as enzimas utilizadas na panificação estão as amilases, hemicelulases, fosfolipases, lipases e glucose-oxidases (POLDERMANS; SCHOPPINK, 1999; GUTKOSKI et al., 2004).

Enzimas exógenas ou industriais têm sido usadas como aditivos naturais há bastante tempo, mas seu uso vem aumentando amplamente nos últimos anos, especialmente para substituir vários aditivos controversos tais como oxidantes e emulsificantes (VAN HARTINGSVELDT, 1995; MUTASAERS, 1996; MARTÍNEZ-ANAYA; JIMÉNEZ, 1997; QUIRCE et al., 2002). Misturas complexas, compostas de amilases, xilanases e outras enzimas tais como lipases ou oxidases que atuam em diferentes componentes da farinha de forma independente ou sinérgica, estão sendo comercializadas (MUTASAERS, 1996; SI, 1996; MARTÍNEZ-ANAYA; JIMÉNEZ, 1997). As enzimas endo-xilanase, peroxidase e glucose oxidase têm melhorado o desempenho de panificação, o volume de pães e a estrutura do miolo (HILHORST et al., 1999); endo-xilanases, com diferentes especificidades de substrato, aumentam a concentração de arabinoxilanas de alto peso molecular na fase aquosa da massa, dessa forma, levando a uma melhor rede de glúten (JIMÉNEZ; MARTÍNEZ-ANAYA, 2000, 2001); as enzimas α -amilase e endo-xilanase aumentam a maciez em pães de trigo enriquecidos com fibras (LAURIKAINEN et al., 1998) e, em combinação com protease, melhora as características sensoriais de pães canadenses de processamento curto (HARADA et al., 2000). A tendência é de se usar misturas complexas de enzimas que atuam de uma maneira sinérgica e podem aumentar o efeito individual nos diferentes componentes das farinhas (MUTASAERS, 1996; SI, 1996). O efeito da associação das enzimas α -amilase, endo-xilanase, lipase e glucose oxidase foi determinado usando a metodologia de superfície de resposta. A correta combinação e concentração destas enzimas

acentuou a retenção de gás, extensibilidade e tempo de fermentação da massa (COLLAR et al., 2000; CAGNO; ANGELIS et al., 2003).

Segundo a empresa Granotec do Brasil (2004), a preparação enzimática desenvolvida a partir da combinação de α -amilase e hemicelulase tem como efeitos principais sobre os produtos de panificação a melhoria do volume específico, melhor tolerância à fermentação, melhor maquinabilidade, maior extensibilidade, entre outros. A empresa também fabrica um produto para uso doméstico, contendo as mesmas enzimas, denominado "Pizza Certa".

A adição das enzimas α -amilase e xilanase proporcionou melhoria no volume de pães (CAUVAIN; CHAMBERLAIN, 1988; GRUPPEN et al., 1993; HAMMOND, 1994; ROUAU et al., 1994; POUTANEN, 1997). Além disso, o uso simultâneo de α -amilase e xilanase mostrou ter um efeito sinérgico (HASEBORG; HIMMELSTEIN, 1988; MAAT, et al., 1992; HAMMOND, 1994; ROUAU et al., 1994; MARTÍNEZ-ANAYA; JIMÉNEZ, 1997; POUTANEN, 1997; LAURIKAINEN et al., 1998; POPPER, 1998; JIANG et al., 2005a; JIANG et al., 2005b).

2.5.1 α -amilase

A α -amilase (EC 3.2.1.1, α -1,4-glucanohidrolase) é uma endo-enzima que degrada o amido pela quebra das ligações α -1,4 da amilose e amilopectina. A degradação por α -amilase dos amidos danificado e gelatinizado produz maltose e dextrinas de vários tamanhos lineares e ramificadas. O produto final depende principalmente da concentração de enzima, do tempo de ação, do tipo de substrato, do pH da massa e da temperatura do forno (DOGAN, 2003). A α -amilase é adicionada à farinha para compensar a sua deficiência. Segundo Popper (1998), a dosagem de α -amilase depende da sua concentração ou mais precisamente da sua atividade. A unidade internacional usual é "SKB por grama", nomeada depois que Sandstedt, Kneen e Blish desenvolveram o método de determinação. Uma dosagem típica de α -amilase fúngica para uma farinha de trigo que não está germinada e nem tratada com malte é de 250 a 500SKB.Kg⁻¹ de farinha (isto é, 5 - 10g de uma amilase com 5000SKB.g⁻¹ para 100kg de farinha). Mas, mesmo no caso de farinhas com um número de queda muito baixo, às vezes, é útil adicionar pequenas quantidades de

amilase fúngica ($1 - 2g$ a $5000SKB.g^{-1}$), visto que isto melhora levemente as propriedades das massas e os resultados do processo de panificação, sem afetar o número de queda.

A α -amilase usada em produtos de panificação é, já há bastante tempo, conhecida por melhorar e aumentar a qualidade dos produtos de panificação (MILLER; JOHNSON, 1955; PONTE et al., 1963; KULP; PONTE, 1981; MANINDER; JONGERSEN, 1983; KURACINA et al., 1987; DOGAN, 2003). Ela atua disponibilizando açúcares fermentecíveis para a levedura e o aumento de volume das massas pode ser devido ao aumento da atividade da levedura. As mudanças induzidas pela α -amilase na reologia de massas são também uma importante razão para o aumento de volume de pães. Por causa do amaciamento (maior extensibilidade), a massa pode expandir mais, produzindo um maior salto de forno (CAUVAIN; CHAMBERLAIN, 1988; MARTÍNEZ-ANAYA; JIMÉNEZ, 1997; POUTANEN, 1997).

O processo de fermentação é controlado pela quantidade de amido danificado e α -amilase na farinha (STEAR, 1990; DOGAN, 2003). Durante a fermentação, o único amido que é susceptível a hidrólise pela amilase é o amido danificado, que foi produzido durante o processo de moagem. A farinha de trigo contém normalmente de 5 a 9% de amido danificado (DRAPON; GODON, 1987; DOGAN, 2003), dependendo das condições de moagem e do tipo de trigo. Estes grânulos danificados são degradados muito mais rapidamente pela enzima do que os grânulos de amido não-danificados (STEAR, 1990; DOGAN, 2003).

A adição de açúcar na formulação não é comum na produção de pães tipo duro (de baixa espessura), bem como na produção de massas de pizza. Em uma formulação que não contém açúcar ou com baixos níveis, a habilidade da massa em produzir CO_2 e aumentar o volume do pão depende de um apropriado nível de atividade da α -amilase e da quantidade de amido danificado. Johnson e Miller (1948) encontraram que ambas α -amilases de cereais e fúngicas aumentaram o volume do pão, mesmo daqueles contendo 6% de açúcar adicionado. Se o nível de α -amilase da farinha não é adequado para fazer um pão tipo duro aceitável, a enzima é ajustada para um nível apropriado no moinho ou no processo de panificação para aumentar a qualidade dos produtos.

O amido danificado é um dos fatores que controla a absorção de água (DOGAN; UNAL, 1990). Por causa da hidrólise do amido danificado formam-se dextrinas de baixo peso molecular durante a fermentação, a absorção de água é reduzida resultando em um aumento na mobilidade da água e diminuição da consistência da massa (SHELTON; D'APPOLLONIA, 1985). A estabilidade da massa é mais importante na produção de pão do tipo duro. O pão duro precisa manter seu formato durante a fermentação, salto de forno e após o corte (DOGAN et al., 1996). Na presença de altos níveis de α -amilase, a diminuição da absorção da massa parece prevenir a pegajosidade. A diminuição dos níveis de água forma uma massa mais seca e compacta, mas a ação de α -amilases libera um pouco de água, que torna-se disponível para outros constituintes. A massa fica com mais maquinabilidade.

O efeito total das α -amilases na massa de pão ocorre durante a mistura, a fermentação, o forneamento e após o forno. O pão do tipo duro é produzido tipicamente de formulações com pouca gordura e é cozido em temperaturas mais altas do que os pães brancos de fôrma, no piso dos fornos, ou mais freqüentemente em folhas perfuradas livres de lados e extremidades. O período de tempo da atividade da enzima é mais curto no pão tipo duro por causa do rápido aquecimento, que reduz o tempo de ação das enzimas antes de serem inativadas. Estas diferenças nas condições do forneamento, quando comparados com pães de fôrma, resultam em mudanças substanciais nas características do pão (DOGAN, 2003). Em vista disto, para se observar o efeito das enzimas sobre massas é necessário um tempo maior de reação do que o tempo de forneamento, o que pode ocorrer durante a fermentação biológica, antes de ir ao forno.

2.5.2 Pentosanases

A farinha de trigo contém de 2 a 3% de pentosanas, que podem absorver até 10 vezes o seu peso em água. Essas pentosanas pertencem à categoria de hemiceluloses, da família das celuloses. As pentosanas são polissacarídeos diferentes do amido, e no caso da farinha 75% são xilanas e o restante, na maioria, são galactanas. As xilanas são polímeros de xilose com ramificações de arabinose,

enquanto que, as galactanas são polímeros de galactose que também apresentam ramificações de arabinose (QUIRCE et al., 2002).

As pentosanas têm caráter hidrófilo bem pronunciado e são as responsáveis por grande parte da absorção de água nas massas. Sabe-se que uma proporção muito grande de pentosanas insolúveis tem um efeito prejudicial sobre o processo de panificação. Uma presença excessiva de pentosanas insolúveis produz massas de consistência elevada e difíceis de manusear. As hemicelulases (pentosanases e xilanases) hidrolisam estas pentosanas solubilizando-as e liberando água. Como conseqüência, a tenacidade das massas diminui e a extensibilidade aumenta. Portanto, a ação das pentosanas modifica o comportamento das massas no amassamento (diminui sua absorção de água) e as deixa com maior maquinabilidade. Uma correta adição de pentosanas também melhora a retenção de gás na fermentação e o aumento de volume no forno (QUIRCE et al., 2002; GRANOTEC DO BRASIL, 2004; NOVOZYMES, 2004).

A despolimerização e fragmentação de paredes celulares resulta em massa mais macia e provavelmente altera a distribuição de água entre pentosanas e amido (AUTIO et al., 1996; POUTANEN, 1997). Tem sido sugerido que o uso de xilanase poderia causar redistribuição de água das pentosanas para o glúten, facilitando a extensibilidade e resultando em melhor salto de forno (MAAT, et al., 1992; POUTANEN, 1997).

A degradação dos componentes de paredes celulares tem sido relacionada ao aumento das características tecnológicas e sensoriais desejáveis nos pães, por isso tem sido proposto que esses componentes de paredes de células são relacionados com a hidratação e formação da rede de glúten (WEEGELS et al., 1990; GRUPPEN et al., 1993).

Preparações de enzimas contendo hemicelulase mostraram diminuir problemas causados pela adição de fibra alimentar (HASEBORG; HIMMELSTEIN, 1988; POUTANEN, 1997; LAURIKAINEN et al., 1998) e pela adição de pentosanas insolúveis (KRISHNARAU; HOSENEY, 1994). As ásperas partículas de farelo interferem na rede de glúten, e a solubilização parcial dos polissacarídeos não-amídicos aumenta a qualidade de pães (POUTANEN, 1997).

Jiang et al. (2005b) estudaram os efeitos da enzima xilanase da bactéria termofílica *Thermomyces lanuginosus* CAU44 sobre a qualidade de pães. O nível ótimo de enzima foi de 40mg.Kg^{-1} , com valores de volume específico maiores e

menor firmeza dos pães. A firmeza do miolo mostrou uma diminuição de 21,4%, indicando que a melhora no volume específico diminuiu a firmeza do miolo. O importante achado desse estudo é que o aumento no volume específico dos pães foi de 30%, que é mais alto do que aqueles obtidos com outras xilanases relatadas (McCLEARY, 1986; MAAT et al., 1992; MARTÍNEZ-ANAYA; JIMÉNEZ, 1997; NORMA; GUILLERMO, 2003). Estudando uma xilanase hipertermofílica de *Thermotoga maritima*, quando testaram a concentração de 120mg.Kg⁻¹ da enzima, Jiang et al. (2005a) encontraram um aumento de volume específico dos pães semelhante àquele citado no trabalho anterior. Também observaram uma melhora da estrutura das células do miolo e um decréscimo da firmeza do miolo.

2.6 AVALIAÇÕES REOLÓGICAS EM PANIFICAÇÃO

Segundo Rao e Rao (1993), a avaliação reológica da farinha é de vital importância para a indústria de panificação ajudando 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 definição da especificação de ingredientes dos produtos elaborados. Entre as determinações disponíveis para avaliar objetivamente as propriedades da massa e definir o uso final da farinha de trigo na panificação, incluem-se as de características de mistura (farinógrafo e mixógrafo), características de extensão (extensógrafo, alveógrafo e consistógrafo), viscosidade (número de queda, viscosímetro RVA – *Rapid Visco Analyser*) e de produção ou retenção de gás (reofermentômetro e maturógrafo).

2.6.1 Número de queda

A atividade de α -amilase é medida através da análise do número de queda, que é realizada no equipamento chamado *Falling Number*. O método se baseia na gelatinização rápida de uma suspensão aquosa de farinha ou do amido da amostra pela α -amilase. Esta enzima rompe as cadeias de amido indiscriminadamente, deixando glicose livre para a atuação da levedura. Quando o grão de trigo está maduro, determinadas condições de temperatura e umidade podem propiciar o início

de germinação na espiga e produzir alto conteúdo de α -amilase (CALAVERAS, 1996). Por isso, o grau de α -amilase varia bastante, dependendo das condições de colheita e armazenagem do trigo (QUIRCE et al., 2002).

A farinha produzida a partir de grãos que começaram a germinar pode produzir pães de boa qualidade ou não, dependendo do nível da ativação de enzimas hidrolíticas, que agem principalmente sobre o amido e as proteínas de reserva. Para as farinhas produzidas a partir de grãos germinados no laboratório, os efeitos negativos sobre a panificação aumentam com o tempo de germinação das amostras (LUKOW; BUSHUK, 1984; DELIBERALI, 1998).

Para pães considera-se o número de queda de 200 a 350 segundos como ideal (GUARIENTI, 1996). Acima de 350s, a pouca atividade de α -amilase não disponibiliza o açúcar suficiente para que a levedura produza gás carbônico. Baixa atividade amilolítica gera uma massa mais seca e um produto mais compacto. Já, abaixo de 150s, a alta atividade enzimática gera produtos com grande volume de gás carbônico, que se posiciona na parte de cima da massa e forma um grande espaço vazio entre a casca e o miolo, além de ter pouca consistência e se esfarelar. Contudo, Popper (1998) relata que adição de α -amilase mesmo quando não identificada pelo *Falling Number* resulta em um aumento de volume em pães.

2.6.2 Alveografia

As análises reológicas se baseiam em métodos que estudam o comportamento das massas frente a um trabalho mecânico. Existem muitas análises deste tipo, sendo uma delas realizada no equipamento chamado alveógrafo. Este equipamento foi inventado por Chopin em 1935 e nos permite saber as características mecânicas das massas, e é essencial para conhecer o comportamento das farinhas em cada uma das etapas do processo em que vão ser utilizadas. O alveógrafo está presente na maioria dos moinhos, sobretudo da França, Itália, Portugal e Espanha, e nele se baseiam para definir as mesclas de trigo e estabelecer a qualidade final das farinhas. O ensaio consiste na preparação de uma massa (a hidratação constante) de farinha de trigo e cloreto de sódio sob condições específicas. Com ela são preparadas cinco porções de massa, de uma espessura

determinada. Após um período de repouso, os pedaços de massa são inflados, fazendo uma bolha até que se rompa, de maneira que a massa se submete a uma extensão biaxial. A variação de pressão dentro desta bolha é registrada em um gráfico, que é a média das cinco curvas obtidas ao inflar os cinco pedaços de massa. Da longitude e da forma da curva final são deduzidas a resistência a extensão (tenacidade) e a extensibilidade da massa, parâmetros que determinam as propriedades físicas da massa, e, portanto, as características tecnológicas da farinha (QUIRCE et al., 2002).

A pressão máxima de ruptura, ou “P”, é considerado como índice de estabilidade da massa, indicando resistência ao trabalho de deformação, e é positivamente correlacionado com a capacidade de absorção de água da farinha. A extensibilidade, ou “L”, é um indicativo de volume do pão. Em geral, quanto maior o valor de L, maior será o volume do pão. Mas essa característica é dependente do valor de P. Deve existir uma proporcionalidade dos valores de P e L (relação P/L) para, associados ao valor de W (força geral do glúten), expressarem um bom potencial de panificação (CHEN; D’APPOLLONIA, 1985).

A interpretação da curva alveográfica é muito importante para predizer o comportamento das massas. No entanto, é importante saber que a qualidade das farinhas é também influenciada pelas condições de manejo das mesmas e pelos processos a que são submetidas. Uma farinha com defeitos pode ser corrigida, ao menos em parte, pelo bom manejo de um padeiro, e ao contrário, uma farinha boa pode estragar-se se não for trabalhada corretamente. Entre os parâmetros e processos que mais influenciam no comportamento das massas estão a fermentação, o tempo de amassamento, a quantidade de água no amassamento, as temperaturas de amassamento, repouso e fermentação e os demais ingredientes utilizados na formulação (QUIRCE et al., 2002).

2.6.3 Consistografia

O consistógrafo é um equipamento Chopin de aparição recente no mercado. Ele registra a pressão que a massa exerce ao entrar em contato, em cada volta do braço amassador, com um sensor da amassadora. A consistência que se quer alcançar é de 2200 milibar. Se realiza um ensaio prévio (consistograma a hidratação

constante) que proporcionará a quantidade de água que deve ser adicionada à massa para que em um segundo ensaio (consistograma a hidratação adaptada) se alcancem esses mesmos 2200mb de pressão máxima (QUIRCE et al., 2002).

2.7 AVALIAÇÕES FÍSICAS E SENSORIAIS

2.7.1 Volume específico

O volume específico é uma característica objetiva, sendo realizada pela pesagem dos pães em balança semi-analítica, determinação do volume pelo deslocamento de sementes de painço e a obtenção do volume específico de cada pão através da relação entre seu volume e seu peso (GUTKOSKI et al., 2004).

O volume específico pode ser correlacionado com os atributos sensoriais de textura (maciez) de produtos de panificação.

2.7.2 Análise sensorial

Análise sensorial é um conjunto de métodos e técnicas que permitem perceber, mostrar, medir, analisar, identificar e interpretar as reações das propriedades sensoriais dos alimentos mediante os órgãos dos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (TEIXEIRA, 1996).

Dos alimentos ingeridos diariamente, o que se quer é, além de ser um aporte nutritivo para suprir as necessidades do organismo, que também tenham características de sabor, cor, textura, aroma agradáveis. Através da análise sensorial pode-se determinar a aceitabilidade e a qualidade dos alimentos, com auxílio dos órgãos humanos dos sentidos. Para avaliar a qualidade deve-se levar em conta as propriedades sensoriais aceitáveis, como essenciais no momento da venda e consumo do produto. A avaliação sensorial é efetuada de maneira científica através de métodos sensoriais que são utilizados para medir a qualidade dos alimentos através dos sentidos humanos de uma equipe de avaliação, a qual é integrada por um grupo de pessoas, especialmente treinadas para analisar os diferentes atributos de um alimento (GULARTE, 2002).

3 METODOLOGIA GERAL

O trabalho foi dividido em estudo 1 e 2. No estudo 1, avaliou-se a adição de uma preparação enzimática contendo α -amilase e hemicelulase à farinha de trigo em 3 níveis (200, 300 e 400mg.Kg⁻¹), em 3 diferentes tempos de fermentação biológica (30, 45 e 60min), a fim de definir as melhores condições para serem utilizadas no estudo 2.

Com base nos resultados do primeiro estudo foram definidas as condições de 400mg.Kg⁻¹ de preparação enzimática (α -amilase e hemicelulase) e 60 minutos de tempo de fermentação.

No segundo estudo, foram estudados 3 níveis de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz (10, 20 e 30%), com e sem a adição de enzimas e a amostra controle (sem farinha de arroz e sem enzimas).

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pós-colheita e Industrialização de Grãos, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas.

3.1 MATERIAL

Para os estudos 1 e 2, foi utilizada farinha de trigo tipo 1, fornecida pela indústria Moinhos do Sul, de Rio Grande, RS, apresentando 12,15% de umidade, 10,0% de proteína bruta (N x 5,7), 0,65% de cinzas, 467 segundos de número de queda. A força geral do glúten (W) determinada no alveógrafo foi 185 x 10⁻⁴J e a relação P/L de 0,59. O fermento utilizado foi do tipo biológico seco instantâneo, marca Fleischmann. O cloreto de sódio (P.A.) utilizado foi da marca Synth. A gordura hidrogenada foi adquirida no comércio local. A preparação enzimática contendo hemicelulase de *Thermomyces lanuginosus* e α -amilase de *Aspergillus oryzae* foi fornecida pela Granotec do Brasil, apresentando as seguintes especificações: atividade enzimática de hemicelulase mínima: 4260UHMG/g (N° IUB.: 3.2.1.8);

atividade enzimática de α -amilase mínima: 3500SKB/g (N° IUB.: 3.2.1.1); umidade máxima: 8,0%; pH ótimo de atuação: 4,0–6,0; temperatura ótima de atuação: 25–65°C; temperatura de inativação acima de 80°C.

Para o estudo 2 foi utilizada farinha de arroz inativada enzimaticamente, fornecida pela indústria Cerealle, apresentando 10,6% de umidade, 7,0% de proteína bruta (N x 5,75) e 0,3% de cinzas.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Composição química

Os conteúdos de umidade, cinzas e proteínas das farinhas de trigo e de arroz foram determinados de acordo com a AACC (1995), métodos números 44-15A, 08-01 e 46-13, respectivamente.

3.2.2 Número de queda

O número de queda foi determinado através do uso do aparelho *Falling Number*, modelo FN 1310 (Perten Instruments, Suíça), de acordo com o método n°56-81B da AACC (1995), utilizando sete gramas de farinha, corrigido para 15% de umidade. Para o estudo 1 foram testadas amostras sem e com adição da preparação enzimática contendo α -amilase e hemicelulase, em proporções de 200, 300 e 400mg.Kg⁻¹, respectivamente, e, para o estudo 2, a amostra controle (100% de farinha de trigo) e amostras com 10, 20 e 30% de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz.

3.2.3 Consistografia

A absorção d'água pelas farinhas, tanto do estudo 1 quanto do estudo 2, foi determinada em Consistógrafo Chopin, utilizando o método 54-50 AACC (1995),

através da pesagem de 250 gramas de farinha e volume de NaCl à 2,5% baseado na umidade inicial da farinha, assim obtendo-se uma curva consistográfica, pelo registro da pressão que a massa exerce ao entrar em contato, em cada volta do braço amassador, com um sensor da amassadora. Foi realizado um ensaio prévio (consistograma a hidratação constante) que indicou a quantidade de água a ser adicionada à massa para que em um segundo ensaio (consistograma a hidratação adaptada) se alcançassem 2200mb de pressão máxima.

3.2.4 Alveografia

Nos estudos 1 e 2, as propriedades reológicas (P, L, P/L e W) das farinhas foram determinadas em Alveógrafo marca Chopin, modelo NG (Villeneuve-la-Garenne Cedex, França), utilizando o método nº 54-30 da AACC (1995), através da pesagem de 250 gramas de farinha, corrigido para 15% de umidade, e volume de solução de NaCl à 2,5% de acordo com a absorção da farinha determinada no consistógrafo até atingir 2200mb de pressão máxima.

No estudo 1, a formação da bolha de massa foi realizada após os tempos de repouso de 20min (convencional) e 60min, conforme método modificado relatado por Dogan (2003), como forma de observar a atividade enzimática.

No estudo 2, a formação da bolha de massa foi realizada após o tempo de repouso de 60min, pois foi o tempo que apresentou melhores resultados no estudo 1.

Os parâmetros obtidos nos alveogramas são tenacidade (P), que é determinada pela medida da sobrepressão máxima exercida na expansão da massa (expressa em mm de coluna d'água); extensibilidade (L), que é determinada pela medida do comprimento da curva (mm), P/L que é a relação entre tenacidade e extensibilidade, e energia de deformação da massa (W), que corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura, expressa em 10^{-4} Joules.

3.2.5 Elaboração das massas de pizza

No primeiro estudo foram utilizadas três formulações em que 200mg.Kg^{-1} , 300mg.Kg^{-1} e 400mg.Kg^{-1} da mistura de enzimas foram adicionadas, respectivamente.

Para o preparo das massas foi utilizada a formulação fornecida por Granotec do Brasil (2004), com adaptações, sendo utilizada a farinha de trigo (100%), e os demais ingredientes com base na farinha (b.f.) foram: gordura vegetal hidrogenada (3% b.f.), fermento biológico seco instantâneo (1,5% b.f.) e a solução salina (2,5% cloreto de sódio) que foi adicionada de acordo com a absorção da farinha determinada por consistografia. A mistura e o amassamento foram realizados no misturador do Alveógrafo Chopin. Os ingredientes secos foram misturados durante 4 minutos e o tempo de amassamento com solução salina foi de 4 minutos. O formato das pizzas foi de aproximadamente 5cm de diâmetro por 1cm de altura. A laminação e o corte das massas foram realizados com o laminador e molde utilizados na análise alveográfica. A seguir foram deixadas em repouso à temperatura ambiente, para a fermentação, por 30, 45 e 60min no primeiro estudo e 60min no segundo estudo. Após a fermentação, as mini-pizzas foram pré-assadas em forno elétrico marca ITC, por 5 minutos, à temperatura de 180°C , sobre uma pedra de cerâmica (pré-aquecida), imitando a soleira de um forno de pizzaria. Por fim, foram deixadas esfriar à temperatura ambiente e embaladas em sacos de papel até sua utilização nas avaliações.

No segundo estudo foram realizadas sete formulações, uma controle de 100% de farinha de trigo sem a preparação enzimática, três com substituição da farinha de trigo por farinha de arroz nas proporções de 10%, 20% e 30%, respectivamente, e, outras três, nos mesmos níveis de substituição por farinha de arroz, porém com adição de 400mg.Kg^{-1} da preparação enzimática, proporção que apresentou melhores resultados no estudo 1. As pizzas das sete formulações foram preparadas de forma similar à descrita no estudo 1.

3.2.6 Volume específico

O volume das pizzas, tanto para o estudo 1 quanto para o estudo 2, foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço (HSIEH et al., 1991) e o volume específico calculado pela relação entre o volume do disco de pizza e o seu peso, obtido pelo emprego de balança semi-analítica. A determinação do volume específico foi realizada após 24h da elaboração das pizzas, com três repetições e os resultados expressos em $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$.

3.2.7 Avaliação sensorial

A avaliação sensorial foi realizada para verificar os atributos aparência do miolo e da crosta das pizzas. O atributo maciez (observado através do tato) foi verificado somente no segundo estudo. Para esta avaliação foi utilizada uma escala linear não estruturada de nove centímetros, possuindo em seus extremos termos descritivos, sendo o extremo esquerdo a menor intensidade do atributo avaliado e o direito, a maior. A avaliação foi realizada por equipe de sete julgadores treinados. As amostras foram cortadas longitudinalmente para a visualização do miolo, codificadas com números de três dígitos aleatórios e servidas simultaneamente em cada estudo (GULARTE, 2002), sendo utilizada a ficha de avaliação sensorial apresentada no Apêndice A.

3.2.8 Planejamento experimental e análise estatística

No estudo 1, para o número de queda, a variável independente estudada (variável manipulada) foi a concentração da preparação enzimática (200, 300 e 400mg.Kg^{-1}). O planejamento constou de 3 tratamentos realizados em triplicata, totalizando 9 determinações.

Para os parâmetros alveográficos, no estudo 1, as variáveis independentes estudadas (variáveis manipuladas) foram a concentração da preparação enzimática (0 e 400mg.Kg^{-1}) e o tempo de fermentação (20 e 60min). O planejamento (tab. 1) constou de 4 tratamentos, sendo avaliados como respostas (variáveis dependentes)

os parâmetros alveográficos (P, L, P/L e W), em 5 repetições, totalizando 20 determinações.

Tabela 1 - Planejamento experimental utilizado na avaliação da concentração da preparação enzimática e tempo de reação nos parâmetros alveográficos das farinhas

Tratamentos	Variáveis Independentes		Variáveis Dependentes
	Preparação enzimática (mg.Kg ⁻¹)	Tempo de reação (min)	
1	0	20	P (mm)
2		60	L (mm)
3	400	20	P/L
4		60	W (10 ⁻⁴ J)

P – tenacidade; L – extensibilidade; P/L - relação entre tenacidade e extensibilidade; W – força geral do glúten.

Para as determinações físicas e sensoriais do estudo 1 foi utilizado o planejamento experimental 2², com três níveis de variação, conforme os tratamentos descritos na tab. 2 (BOX et al., 2005). As variáveis independentes estudadas (variáveis manipuladas) foram a concentração de preparação enzimática (200, 300 e 400mg.Kg⁻¹) e o tempo de fermentação (30, 45 e 60min). O planejamento constou de 7 tratamentos, sendo avaliados como respostas (variáveis dependentes) a aparência da crosta e do miolo, em 7 repetições, e o volume específico, em triplicata, totalizando 119 determinações.

Tabela 2 – Matriz de planejamento experimental para avaliação da concentração de preparação enzimática e do tempo de fermentação no volume específico e atributos sensoriais das pizzas

Tratamentos	Níveis codificados		Níveis reais	
	Preparação enzimática	Tempo de fermentação	Prep. enzimática (mg.Kg ⁻¹)	Tempo de fermentação (min)
1	-1	-1	200	30
2	+1	-1	400	30
3	-1	+1	200	60
4	+1	+1	400	60
5	0	0	300	45
6	0	0	300	45
7	0	0	300	45

Todos os dados do planejamento experimental foram tratados com o auxílio de software estatístico. A influência da concentração de enzima e do tempo de fermentação no volume específico e nos atributos sensoriais foi verificada através da análise de efeitos. O efeito pode ser definido como a influência na resposta quando a variável independente passa do nível inferior (-1) para o nível superior (+1) (RODRIGUES; IEMMA, 2006). Foi também realizada análise de variância (ANOVA) e, quando cabível (em caso de modelo preditivo), foram construídas a equação do modelo e a superfície de resposta.

No segundo estudo, a variável independente estudada (variável manipulada) foi a proporção de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz, com ou sem adição de 400mg.Kg⁻¹ da preparação enzimática. O planejamento (tab. 3) constou de 7 tratamentos, sendo avaliados como respostas (variáveis dependentes) o número de queda, a tenacidade (P), a extensibilidade (L), a relação tenacidade/extensibilidade (P/L), a força geral do glúten (W), o volume específico, a maciez e a aparência do miolo e da crosta, em, no mínimo, 3 repetições.

Tabela 3 - Planejamento experimental utilizado na avaliação da proporção de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática no número de queda, nos parâmetros alveográficos, no volume específico e nos atributos sensoriais

Tratamentos	Variáveis Independentes	Variáveis Dependentes
	Farinha de arroz (%)	
1	0	P (mm)
2	10	L (mm)
3	20	P/L
4	30	W (10^{-4} J)
5	10 + preparação enzimática	Número de queda (s)
6	20 + preparação enzimática	Volume específico ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)
7	30 + preparação enzimática	Maciez
		Aparência do miolo
		Aparência da crosta

P – tenacidade; L – extensibilidade; P/L - relação entre tenacidade e extensibilidade; W – força geral do glúten.

A análise dos resultados das características estudadas que não fizeram parte do experimento em planejamento fatorial foi realizada pelo emprego da análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi realizada através do teste de Tukey, a 5% de significância, usando o software *Statistica 6.0*.

4 ESTUDO 1 – INFLUÊNCIA DA PREPARAÇÃO ENZIMÁTICA E DO TEMPO DE FERMENTAÇÃO BIOLÓGICA NAS PIZZAS

4.1 INTRODUÇÃO

A demanda de consumo de pizza, produto tradicionalmente consumido em países da Europa, notavelmente na Itália, também vem se expandindo em países americanos, como Estados Unidos e Brasil. Algumas das razões do crescimento de mercado e conseqüente aumento da produção industrial são o custo relativamente baixo do produto e a facilidade de preparo para o consumo (WANG et al., 2005).

A massa da pizza constitui uma fração significativa do produto e, aparência, sabor e textura são fatores importantes para sua identificação e aceitação pelo consumidor. No entanto, o surgimento da popularidade de pizza, em relação a outros produtos de forno, é relativamente recente e a qualidade de sua massa continua sendo uma área pouco pesquisada (WANG et al., 2005).

A massa de pizza é produzida, comumente, a partir de farinha de trigo, água, sal, fermento biológico e gordura. Estes ingredientes são misturados para formar a massa, a qual é deixada em repouso, depois é moldada e assada em forno. O método e a formulação dos ingredientes para a elaboração de massas de pizza variam muito entre as pizzarias e entre as indústrias, sendo que a maior parte da produção acontece de forma semi-artesanal nas pizzarias, dificultando um padrão de qualidade das massas.

Segundo a Granotec do Brasil (2004), a preparação enzimática, desenvolvida a partir da combinação das enzimas α -amilase e hemicelulase, proporciona nos produtos de panificação melhor volume específico, melhor tolerância à fermentação, melhor maquinabilidade e maior extensibilidade da massa. A empresa também fabrica o produto para uso doméstico, disponível em supermercado com marca “Pizza Certa”, apresentando as mesmas enzimas.

Sabe-se que em massas de pequena espessura, quando assadas em contato direto com a soleira quente de fornos, as enzimas são inativadas rapidamente, como nos pães do tipo duro (DOGAN, 2003), sendo muito pequeno o

efeito destes biocatalisadores no forno. Em vista disto, para se observar o efeito das enzimas sobre as pizzas é necessário um tempo adicional de reação, além do tempo de forneamento, que pode ser durante a fermentação biológica, antes de ir ao forno.

Com base nestas informações, o objetivo deste estudo foi avaliar os níveis de adição das enzimas e o tempo de fermentação biológica que proporcionam melhores características tecnológicas e sensoriais às massas de pizza.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado através da adição de uma preparação enzimática contendo α -amilase e hemicelulase à farinha de trigo em 3 níveis (200, 300 e 400mg.Kg⁻¹), em 3 diferentes tempos de fermentação biológica (30, 45 e 60min), a fim de definir as melhores condições para a elaboração de pizzas.

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pós-colheita e Industrialização de Grãos, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas.

4.2.1 Material

A farinha de trigo tipo 1 utilizada foi fornecida pela indústria Moinhos do Sul, de Rio Grande, RS, apresentando 12,15% de umidade, 10,0% de proteína bruta (N x 5,7), 0,65% de cinzas, 467 segundos de número de queda. A força geral do glúten (W) determinada no alveógrafo foi 185 x 10⁻⁴J e a relação P/L de 0,59. O fermento utilizado foi do tipo biológico seco instantâneo, marca Fleischmann. O cloreto de sódio (P.A.) utilizado foi da marca Synth. A gordura hidrogenada foi adquirida no comércio local. A preparação enzimática contendo hemicelulase de *Thermomyces lanuginosus* e α -amilase de *Aspergillus oryzae* foi fornecida pela Granotec do Brasil, apresentando as seguintes especificações: atividade enzimática de hemicelulase mínima: 4260UHMg/g (N° IUB.: 3.2.1.8); atividade enzimática de α -amilase mínima: 3500SKB/g (N° IUB.: 3.2.1.1); umidade máxima: 8,0%; pH ótimo de atuação: 4,0–

6,0; temperatura ótima de atuação: 25-65°C; temperatura de inativação acima de 80°C.

4.2.2 Métodos

4.2.2.1 Composição química

Os conteúdos de umidade, cinzas e proteínas da farinha de trigo foram determinados de acordo com a AACC (1995), métodos números 44-15A, 08-01 e 46-13, respectivamente.

4.2.2.2 Número de queda

O número de queda foi determinado através do uso do aparelho *Falling Number*, modelo FN 1310 (Perten Instruments, Suíça), de acordo com o método n°56-81B da AACC (1995), utilizando sete gramas de farinha, corrigido para 15% de umidade. Neste estudo foram testadas amostras sem e com adição da preparação enzimática contendo α -amilase e hemicelulase, em proporções de 200, 300 e 400mg.Kg⁻¹, respectivamente.

4.2.2.3 Consistografia

A absorção d'água pelas farinhas foi determinada em Consistógrafo Chopin, utilizando o método 54-50 AACC (1995), através da pesagem de 250 gramas de farinha e volume de NaCl à 2,5% baseado na umidade inicial da farinha, assim obtendo-se uma curva consistográfica, pelo registro da pressão que a massa exerce ao entrar em contato, em cada volta do braço amassador, com um sensor da amassadora. Foi realizado um ensaio prévio (consistograma a hidratação constante) que indicou a quantidade de água a ser adicionada à massa para que em um segundo ensaio (consistograma a hidratação adaptada) se alcançassem 2200mb de pressão máxima.

4.2.2.4 Alveografia

Neste estudo as propriedades reológicas (P, L, P/L e W) das farinhas foram determinadas em Alveógrafo marca Chopin, modelo NG (Villeneuve-la-Garenne Cedex, França), utilizando o método n° 54-30 da AACC (1995), através da pesagem de 250 gramas de farinha, corrigido para 15% de umidade, e volume de solução de NaCl à 2,5% de acordo com a absorção da farinha determinada no consistógrafo até atingir 2200mb de pressão máxima. A formação da bolha de massa foi realizada após os tempos de repouso de 20min (convencional) e 60min, conforme método modificado relatado por Dogan (2003), como forma de observar a atividade enzimática.

Os parâmetros obtidos nos alveogramas são tenacidade (P), que é determinada pela medida da sobrepressão máxima exercida na expansão da massa (expressa em mm de coluna d'água); extensibilidade (L), que é determinada pela medida do comprimento da curva (mm), P/L que é a relação entre tenacidade e extensibilidade, e energia de deformação da massa (W), que corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura, expressa em 10^{-4} Joules.

4.2.2.5 Elaboração das massas de pizza

Neste estudo foram utilizadas 3 formulações em que 200mg.Kg^{-1} , 300mg.Kg^{-1} e 400mg.Kg^{-1} de preparação enzimática foram adicionadas, respectivamente.

Para o preparo das massas foi utilizada a formulação fornecida pela empresa Granotec do Brasil (2004), com adaptações, sendo utilizados farinha de trigo (100%), e os demais ingredientes com base na farinha (b.f.) foram: gordura vegetal hidrogenada (3% b.f.), fermento biológico seco instantâneo (1,5% b.f.) e a solução salina (2,5% cloreto de sódio) que foi adicionada de acordo com a absorção da farinha determinada por consistografia. A mistura e o amassamento foram realizados no misturador do Alveógrafo Chopin. Os ingredientes secos foram misturados durante 4 minutos e o tempo de amassamento com solução salina foi de 4 minutos. O formato das pizzas foi de aproximadamente 5cm de diâmetro por 1cm

de altura. A laminação e o corte das massas foram realizados com o laminador e molde utilizados na análise alveográfica. A seguir, foram deixadas em repouso à temperatura ambiente, por 30, 45 e 60min, para a fermentação. Após, as mini-pizzas foram pré-assadas em forno elétrico marca ITC, por 5 minutos, à temperatura de 180°C, sobre uma pedra de cerâmica (pré-aquecida), imitando a soleira de um forno de pizzeria. Por fim, foram deixadas esfriar à temperatura ambiente e embaladas em sacos de papel até sua utilização nas avaliações.

4.2.2.6 Volume específico

O volume das pizzas foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço (HSIEH et al., 1991) e o volume específico calculado pela relação entre o volume do disco de pizza e o seu peso, obtido pelo emprego de balança semi-analítica. A determinação do volume específico foi realizada após 24h da elaboração das pizzas, com três repetições e os resultados expressos em $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$.

4.2.2.7 Avaliação sensorial

A avaliação sensorial foi realizada para verificar os atributos aparência do miolo e da crosta das pizzas. Para esta avaliação foi utilizada uma escala linear não estruturada de nove centímetros, possuindo em seus extremos termos descritivos, sendo o extremo esquerdo a menor intensidade do atributo avaliado e o direito, a maior. A avaliação foi realizada por equipe de sete julgadores treinados. As amostras foram cortadas longitudinalmente para a visualização do miolo, codificadas com números de três dígitos aleatórios e servidas simultaneamente em cada estudo (GULARTE, 2002), sendo utilizada a ficha de avaliação sensorial apresentada no Apêndice A.

4.2.2.8 Planejamento experimental e análise estatística

Para o número de queda, a variável independente estudada (variável manipulada) foi a concentração da preparação enzimática (200, 300 e 400mg.Kg⁻¹). O planejamento constou de 3 tratamentos realizados em triplicata, totalizando 9 determinações.

Para os parâmetros alveográficos, as variáveis independentes estudadas (variáveis manipuladas) foram a concentração de enzimas (0 e 400mg.Kg⁻¹) e o tempo de fermentação (20 e 60min). O planejamento (tab. 4) constou de 4 tratamentos, sendo avaliados como respostas (variáveis dependentes) os parâmetros alveográficos (P, L, P/L e W), em 5 repetições, totalizando 20 determinações.

Tabela 4 - Planejamento experimental utilizado na avaliação da concentração da preparação enzimática e tempo de reação nos parâmetros alveográficos das massas

Tratamentos	Variáveis Independentes		Variáveis Dependentes
	Preparação enzimática (mg.Kg ⁻¹)	Tempo de reação (min)	
1	0	20	P (mm)
2		60	L (mm)
3	400	20	P/L
4		60	W (10 ⁻⁴ J)

P – tenacidade; L – extensibilidade; P/L - relação entre tenacidade e extensibilidade; W – força geral do glúten.

Para as determinações físicas e sensoriais foi utilizado planejamento experimental 2², com três níveis de variação, conforme os tratamentos descritos na tab. 5 (BOX et al., 2005). As variáveis independentes estudadas (variáveis manipuladas) foram a concentração da preparação enzimática (200, 300 e 400mg.Kg⁻¹) e o tempo de fermentação (30, 45 e 60min). O planejamento constou de 7 tratamentos, sendo avaliados como respostas (variáveis dependentes) a aparência da crosta e do miolo, em 7 repetições, e o volume específico, em triplicata, totalizando 119 determinações.

Tabela 5 – Matriz de planejamento experimental para avaliação da concentração de preparação enzimática e do tempo de fermentação no volume específico e atributos sensoriais das pizzas

Tratamentos	Níveis codificados		Níveis reais	
	Preparação enzimática	Tempo de fermentação	Prep. enzimática (mg.Kg ⁻¹)	Tempo de fermentação (min)
1	-1	-1	200	30
2	+1	-1	400	30
3	-1	+1	200	60
4	+1	+1	400	60
5	0	0	300	45
6	0	0	300	45
7	0	0	300	45

Todos os dados do planejamento experimental foram tratados com o auxílio de software estatístico. A influência da concentração de enzima e do tempo de fermentação no volume específico e nos atributos sensoriais foi verificada através da análise de efeitos. O efeito pode ser definido como a influência na resposta quando a variável independente passa do nível inferior (-1) para o nível superior (+1) (RODRIGUES; IEMMA, 2006). Foi também realizada análise de variância (ANOVA) e, quando cabível (em caso de modelo preditivo), foram construídas a equação do modelo e a superfície de resposta.

A análise dos resultados das características estudadas que não fizeram parte do experimento em planejamento fatorial foi realizada pelo emprego da análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi realizada através do teste de Tukey, a 5% de significância, usando o software *Statistica* 6.0.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Influência da adição de α -amilase

Visando avaliar a influência da α -amilase sobre as pizzas foi determinado o número de queda das farinhas com 3 níveis de adição da preparação enzimática.

Na tab. 6 são apresentados os resultados do número de queda das amostras de farinha de trigo contendo a preparação enzimática nas proporções de 200, 300 e 400mg.Kg⁻¹.

Tabela 6 - Influência da adição da preparação enzimática à farinha de trigo no número de queda

Preparação enzimática (mg.Kg ⁻¹)	Tempo (s) ¹
200	448 a
300	422 a
400	403 a

1 - Médias de três repetições, seguidas de letras distintas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Como pode ser observado na tab. 6, com o aumento da concentração da preparação enzimática, não houve diferença estatística no número de queda, embora apresente uma tendência a diminuir. Esse resultado mostra que a farinha de trigo analisada possui pouquíssima α -amilase e que o equipamento utilizado não permite observar a ação da α -amilase fúngica adicionada, porque opera a 98°C.

Apesar da diminuição do tempo de queda o que corresponde a maior atividade da enzima, os valores absolutos do *Falling Number* são maiores do que o número de queda de 200 a 350 segundos considerado como ideal (GUARIENTI, 1996). Popper (1998) relata que a adição de α -amilase, mesmo quando não apresenta um número significativo no teste do *Falling Number*, melhora levemente as propriedades das massas e os resultados do processo de panificação, portanto sua adição é desejada.

4.3.2 Influência da concentração da preparação enzimática na absorção d'água da farinha

A análise de consistografia foi realizada na farinha de trigo para determinar a absorção de água dos tratamentos em que foram utilizados diferentes níveis da preparação enzimática (200, 300 e 400mg.Kg⁻¹).

A tab. 7 apresenta a absorção de água dos diferentes tratamentos, com base em farinha (100%), expressa em percentual, e os correspondentes volumes (mL) de solução salina (2,5% NaCl) que foram utilizados na elaboração das massas de pizza.

Tabela 7 - Influência da adição da preparação enzimática á farinha de trigo na absorção de água e no volume de solução de NaCl à 2,5%

Preparação enzimática ¹ (mg.Kg ⁻¹)	Absorção de água (%)	Solução de NaCl 2,5% (mL)
200	51,6	133,0
300	51,5	133,0
400	51,7	133,0

1 – Preparação enzimática contendo α -amilase e hemicelulase.

Foi observado que a preparação enzimática não interferiu na absorção de água da farinha, o que pode ser explicado pelo tempo de mistura utilizado na consistografia que é muito curto (5min30s), possivelmente não sendo suficiente para que as enzimas atuem neste sistema (DOGAN, 2003). Considerando o exposto, foi identificada a necessidade de utilizar tempos mais prolongados de reação para avaliar o efeito das enzimas sobre as massas de pizza.

4.3.3 Influência da concentração da preparação enzimática e do tempo de fermentação nos parâmetros alveográficos das farinhas

Os testes alveográficos foram conduzidos para avaliar o efeito das enzimas sobre as características reológicas das massas e foram considerados, como tempo mínimo de referência para reação das enzimas, 20 minutos, que é o tempo

convencional de alveografia e o tempo máximo de reação já estudado, que é aquele utilizado pelos pizzaiolos, de 60min de fermentação. Esse tempo foi também testado por Dogan (2003) para avaliar o efeito de enzimas em massas de pão do tipo duro, por alveografia.

Na tab. 8 estão apresentados os parâmetros alveográficos em diferentes concentrações de preparação enzimática, após 20 e 60 minutos de atuação.

Tabela 8 - Influência da adição da preparação enzimática à farinha de trigo, em 20 e 60 minutos de reação, nos parâmetros alveográficos

Prep. enzim. (mg.Kg ⁻¹) ²	Parâmetros alveográficos ³							
	Tempo de reação (min) ¹							
	20	60	20	60	20	60	20	60
	P (mm)		L (mm)		P/L		W (10 ⁻⁴ J)	
0	A 61 a	B 56 a	B 102 b	A 111 b	A 0,59 a	B 0,51 a	A 185 a	A 185 a
400	A 51 b	B 43 b	B 123 a	A 140 a	A 0,42 b	B 0,31 b	A 191 a	A 178 b

1 - Médias de 5 repetições, seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna, comparando a adição ou não da preparação enzimática, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

2 - Médias de 5 repetições, seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma linha, comparando o tempo de reação da preparação enzimática, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

3 - P – tenacidade; L – extensibilidade; P/L - relação entre tenacidade e extensibilidade; W – força geral do glúten.

Em 20min já se observa uma pequena tendência de P diminuir e L aumentar, sendo o P/L significativamente menor com 400mg.Kg⁻¹ das enzimas. Em 60min todos os parâmetros apresentaram diferenças estatísticas entre as amostras, tendo P, P/L e W tendência a diminuírem e L a aumentar.

Os resultados de elasticidade (P) e extensibilidade (L) foram estatisticamente diferentes quando o tempo de reação aumentou de 20 para 60 minutos, sendo que P diminuiu e L aumentou.

Os resultados de alveografia mostram que massas com adição de 400mg.Kg^{-1} da preparação enzimática, sob um tempo de ação de 60min, são significativamente diferentes em relação ao tempo de 20min, sendo mais extensíveis, o que é desejável para massas de pizza, que ao serem laminadas e moldadas precisam manter o seu formato.

Segundo a Granotec do Brasil (2004) e literatura (HASEBORG; HIMMELSTEIN, 1988; MAAT et AL., 1992; HAMMOND, 1994; ROUAU et al., 1994; MARTÍNEZ-ANAYA; JIMÉNEZ, 1997; POUTANEN, 1997; LAURIKAINEN et al., 1998; POPPER, 1998; JIANG et al., 2005a; JIANG et al., 2005b), a adição da enzima α -amilase combinada com hemicelulase fornece maior extensibilidade às massas, o que está de acordo com os resultados obtidos em alveografia.

Segundo alguns autores, as mudanças induzidas pela α -amilase na reologia de massas se traduzem em um aumento de volume de pães. Por causa do amaciamento (maior extensibilidade), a massa pode expandir mais, produzindo um maior salto de forno (CAUVAIN; CHAMBERLAIN, 1988; MARTÍNEZ-ANAYA; JIMÉNEZ, 1997; POUTANEN, 1997).

As pentosanas têm caráter hidrófilo bem pronunciado e são as responsáveis por grande parte da absorção de água nas massas. Sabe-se que uma proporção muito grande de pentosanas insolúveis tem um efeito prejudicial sobre o processo de panificação. Uma presença excessiva de pentosanas insolúveis produz massas de consistência elevada e difíceis de manusear. As pentosanas hidrolisam estas pentosanas solubilizando-as e liberando água. Como consequência, a tenacidade das massas diminui e a extensibilidade aumenta. Portanto, a ação das pentosanas modifica o comportamento das massas no amassamento (diminui sua absorção de água) e as deixa com maior maquinabilidade (QUIRCE et al., 2002; GRANOTEC DO BRASIL, 2004; NOVOZYMES, 2004).

A despolimerização e fragmentação de paredes celulares resulta em massa mais macia e provavelmente altera a distribuição de água entre pentosanas e amido (AUTIO et al., 1996; POUTANEN, 1997). Tem sido sugerido que o uso de xilanase poderia causar redistribuição de água das pentosanas para o glúten, facilitando a extensibilidade e resultando em melhor salto de forno (MAAT et al., 1992; POUTANEN, 1997).

Portanto, percebe-se que as hemicelulases têm um efeito indireto sobre os parâmetros alveográficos, já que atuam degradando as pentosanas associadas às proteínas do glúten e assim facilitando a formação da sua matriz proteica.

4.3.4 Influência da concentração da preparação enzimática e do tempo de fermentação no volume específico e nos atributos sensoriais das pizzas

Nas Fig. 1, 2 e 3 estão representadas as pizzas com adição de 200, 300 e 400mg.Kg⁻¹ de preparação enzimática, fermentadas nos tempos de 30, 45 e 60 minutos, respectivamente.



Figura 1 - Influência do tempo de fermentação e da adição de 200mg.Kg⁻¹ de preparação enzimática nos atributos sensoriais aparência da crosta e do miolo das pizzas (da direita para a esquerda: 30, 45 e 60 minutos de fermentação).



Figura 2 - Influência do tempo de fermentação e da adição de 300mg.Kg^{-1} de preparação enzimática nos atributos sensoriais aparência da crosta e do miolo das pizzas (da direita para a esquerda: 30, 45 e 60 minutos de fermentação).



Figura 3 - Influência do tempo de fermentação e da adição de 400mg.Kg^{-1} da preparação enzimática nos atributos sensoriais aparência da crosta e do miolo das pizzas (da direita para a esquerda: 30, 45 e 60 minutos de fermentação).

Pode-se observar nas Fig. 1, 2 e 3 a pequena influência do tempo de fermentação (30, 45 e 60min) e da adição de 200, 300 e 400mg.Kg^{-1} da preparação enzimática, respectivamente, nos atributos sensoriais aparência da crosta e do miolo das pizzas.

Na Fig. 4 são apresentadas as pizzas com adição de 200, 300 e 400mg.Kg^{-1} de preparação enzimática, em tempos de fermentação de 30, 45 e 60 minutos para visualizar comparativamente a expansão.



Figura 4 - Influência do tempo de fermentação e da concentração de preparação enzimática na expansão das pizzas (da direita para a esquerda: 30, 45 e 60 minutos de fermentação; de baixo para cima: 200, 300 e 400 mg.Kg⁻¹ de preparação enzimática).

Na Fig. 4 pode-se observar uma maior expansão dos discos de pizza com os aumentos do tempo de fermentação e da concentração de preparação enzimática.

A tab. 9 apresenta os resultados dos atributos sensoriais e de volume específico das pizzas com diferentes níveis de adição da preparação enzimática (200, 300 e 400mg.Kg⁻¹) e 30, 45 e 60 minutos de fermentação.

Tabela 9 – Aparência da crosta e do miolo e volume específico (variáveis resposta) das pizzas

Tratamento	Variáveis independentes		Variáveis dependentes		
	Enzimas (mg.Kg ⁻¹)	Tempo de fermentação (min)	Aparência ^{1,2} da crosta do miolo		Vol. esp. ^{3,4} (cm ³ .g ⁻¹)
1	200	30	6,9	5,5	2,32
2	400	30	7,4	8,6	2,95
3	200	60	7,2	6,3	2,27
4	400	60	7,7	8,5	3,22
5	300	45	7,0	6,0	2,66
6	300	45	8,8	5,0	2,69
7	300	45	6,5	6,0	2,70

1 – Escala sensorial para o atributo aparência da crosta 0 = crosta rugosa a 9 = crosta lisa; para o atributo aparência do miolo 0 = miolo desuniforme a 9 = uniforme.

2 – Valor médio de 7 repetições.

3 – Vol. esp. - volume específico.

4 – Valor médio de 3 repetições.

Pode ser observada uma pequena influência do tempo de fermentação nos atributos sensoriais aparência da crosta e do miolo, sendo que a média das notas atribuídas pelos julgadores (tab. 9) corresponde a pizzas com crosta tendendo a lisa e miolo tendendo a uniforme, ou seja, produtos com características adequadas.

A concentração de enzimas apresentou uma notada influência na aparência do miolo das pizzas, sendo que, naquelas contendo 400mg.Kg⁻¹ de enzimas, o miolo apresentou uniformidade desejada.

O volume específico foi crescente com o aumento da concentração de enzimas.

Os valores apresentados na tab. 9 foram submetidos a tratamento estatístico, de forma a determinar os efeitos da concentração de enzima e do tempo de fermentação nas variáveis resposta, e suas respectivas magnitudes.

4.3.4.1 Análise de efeitos da concentração da preparação enzimática e do tempo de fermentação no volume específico e nos atributos sensoriais das pizzas

Para avaliação da influência da concentração das enzimas e do tempo de fermentação no volume específico e nos atributos sensoriais das pizzas foi realizada uma análise de efeitos e a verificação de modelos empíricos que relacionam as variáveis dependentes (respostas) com as variáveis independentes. Os resultados da análise estatística encontram-se na tab. 10.

Tabela 10 – Efeito da concentração de preparação enzimática e do tempo de fermentação no volume específico e nos atributos sensoriais das pizzas

Efeito	Aparência da crosta	Aparência do miolo	Volume específico
Concentração de enzima	0,5	2,65*	0,79*
Tempo de fermentação	0,3	0,35	0,11*
Interação	0	-0,45	0,16*
R ^{2**}	0,10777	0,60338	0,99858

* Efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

**R² – coeficiente de determinação.

Observando-se a tab. 10, pode-se perceber que, dentre os efeitos estatisticamente significativos, o aumento da concentração de enzima de 200 para 400mg.Kg⁻¹ teve efeito positivo sobre o volume específico e sobre a aparência do miolo. Já o aumento do tempo de fermentação de 30 para 60 minutos teve um efeito positivo sobre o volume específico. A interação das variáveis também possui efeito positivo sobre o volume específico. Isso permite concluir que a enzima tem uma ação positiva sobre a massa de pizza, atribuindo maior volume que estima-se que esteja associado a maior extensibilidade da massa e maior produção de gás.

Isto está em concordância com a literatura, pois a α -amilase atua disponibilizando açúcares fermentescíveis para a levedura, e o aumento de volume das massas pode ser devido ao aumento da atividade da levedura. As mudanças induzidas pela α -amilase na reologia de massas são também uma importante razão

para o aumento de volume de pães (CAUVAIN; CHAMBERLAIN, 1988; POUTANEN, 1997).

Já a despolimerização e fragmentação de paredes celulares resulta em massa mais macia e provavelmente altera a distribuição de água entre pentosanas e amido (AUTIO et al., 1996; POUTANEN, 1997). A influência de enzimas na distribuição de água em massas e pães pode ser uma razão dos efeitos favoráveis no volume, textura e estabilidade. O uso de xilanase pode causar redistribuição de água das pentosanas para o glúten, facilitando a extensibilidade da massa e um melhor salto de forno (MAAT et al., 1992; POUTANEN, 1997).

A farinha de arroz como as farinhas integrais são limitadas para a elaboração de produtos de panificação. Por sua vez, as preparações que contêm enzimas hemicelulase, que solubilizam parcialmente os polissacarídeos não-amídicos, (POUTANEN, 1997) mostraram diminuir os problemas causados pela adição de fibra alimentar (HASEBORG; HIMMELSTEIN, 1988; POUTANEN, 1997; LAURIKAINEN et al., 1998), ou pela adição de pentosanas insolúveis (KRISHNARAU; HOSENEY, 1994), assim como pelas adição das ásperas partículas de farelo que interferem na rede de glúten.

Alguns autores observaram que ocorreram melhoras no volume de pães quando ambas enzimas α -amilases e xilanases eram adicionadas (CAUVAIN; CHAMBERLAIN, 1988; GRUPPEN et al., 1993; HAMMOND, 1994; ROUAU et al., 1994; POUTANEN, 1997). Além disso, o uso simultâneo de α -amilase e xilanase mostrou ter um efeito sinérgico (HASEBORG; HIMMELSTEIN, 1988; MAAT et al., 1992; HAMMOND, 1994; ROUAU et al., 1994; MARTÍNEZ-ANAYA; JIMÉNEZ, 1997; POUTANEN, 1997; LAURIKAINEN et al., 1998; POPPER, 1998; JIANG et al., 2005a; JIANG et al., 2005b).

4.3.4.2 Verificação de modelos empíricos lineares que relacionam a concentração de preparação enzimática e o tempo de fermentação (variáveis independentes) com o volume específico e atributos sensoriais (variáveis resposta) das pizzas

Para a verificação de modelos empíricos que relacionam as variáveis independentes com as variáveis resposta, foram calculados os coeficientes de regressão e montadas as tabelas de análise de variância (ANOVA) para cada uma das variáveis resposta. As tabelas ANOVA permitiram a realização do teste F, comparando-se o valor de F estimado a partir dos dados experimentais com o valor de F tabelado para uma distribuição de referência. Foram considerados preditivos os modelos que apresentam um valor de F calculado pelo menos três vezes maior que o valor tabelado. A tab. 11 mostra os valores de F calculado e tabelado para cada uma das variáveis resposta.

Tabela 11 – Valores de F calculado e F tabelado para cada resposta estudada nas Pizzas

Variável	F calculado (FC)	F tabelado (FT)	FC/FT	Modelo*
Volume específico	701,91	9,28	75,64	P
Aparência do miolo	6,81	6,61	1,03	NP
Aparência da crosta**	-	-	-	-

* P: modelo preditivo; NP: modelo não preditivo

** No caso da aparência da crosta não foi realizada a verificação de modelos pelo fato de que não houveram efeitos estatisticamente significativos.

Como pode ser observado na tab. 11, o modelo linear que relaciona o volume específico com a concentração de preparação enzimática e o tempo de fermentação é preditivo. As tab. 12 e 13 apresentam os coeficientes de regressão e a análise de variância (ANOVA) para o referido modelo.

Tabela 12 – Coeficientes de regressão para o volume específico das pizzas

Fatores	Coeficientes de regressão	Erro padrão	p	Limite de confiança -95%	Limite de confiança +95%
Média	2,687*	0,01*	0,00*	2,65*	2,72*
Enzima	0,395*	0,01*	0,00*	0,35*	0,44*
Tempo	0,055*	0,01*	0,03*	0,01*	0,10*
Interação	0,080*	0,01*	0,02*	0,04*	0,12*

* Valores estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Tabela 13 – Tabela da análise de variância (ANOVA) para o volume específico das Pizzas

Fonte de variação	Soma quadrática	Graus de liberdade	Média quadrática	F calculado	F tabelado
Regressão	0,663	3	0,221	701,91	9,28
Resíduos	0,001	3	0,000		
Falta de Ajuste	0,000	1	0,000		
Erro Puro	0,001	2	0,000		
Total	0,663	6			

% de variação explicada (R^2) = 99,86

% de máxima variação explicável ($SQ_T - SQ_{EP}$) / SQ_T = 99,87

Coeficiente de correlação (r) = 0,9993

A equação do modelo preditivo gerado e não ajustado para o volume específico das pizzas é a seguinte:

$$V = 2,687 + 0,395 \cdot E + 0,055 \cdot T + 0,080 \cdot E \cdot T$$

Onde 'V' é o volume específico, 'E' é a concentração de enzimas, expressa em $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$, e 'T' é o tempo de fermentação expresso em minutos.

As Fig. 5 e 6 apresentam a superfície de resposta e a curva de contorno para o volume específico das pizzas.

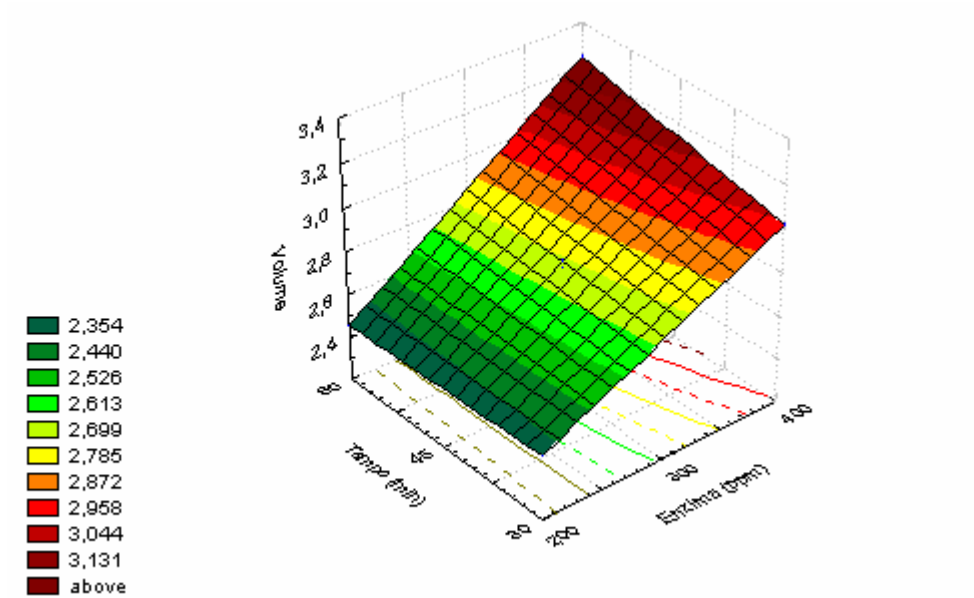


Figura 5 – Superfície de resposta para o volume específico das pizzas

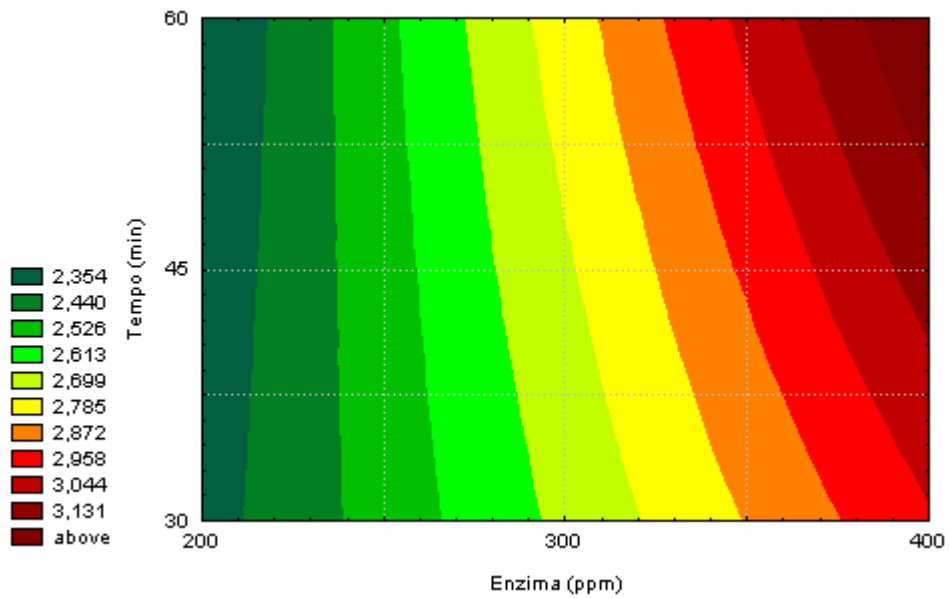


Figura 6 – Curva de contorno para o volume específico das pizzas

Como pode ser observado pelas Fig. 5 e 6, as pizzas apresentam maior volume específico com o aumento da concentração de enzima e com o aumento do tempo de fermentação das massas. Isto pode ser explicado pelo maior tempo que as enzimas tiveram para atuar durante a fermentação, antes de serem inativadas no forno, o que está em concordância com Dogan (2003), quando se refere a pães do tipo duro, que possuem baixa espessura, como as pizzas. Percebe-se também que a concentração de enzimas teve influência maior sobre o volume específico, confirmando a idéia de que a influência de enzimas na distribuição de água entre as proteínas e fibras nas massas e pães pode ser uma razão dos efeitos favoráveis no volume, textura e estabilidade. O uso de xilanase pode causar redistribuição de água das pentosanas para o glúten, facilitando a extensibilidade da massa e um melhor salto de forno (MAAT et al., 1992; POUTANEN, 1997).

4.4 CONCLUSÕES DO ESTUDO 1

A melhor proporção da preparação enzimática (α -amilase e hemicelulase) é de 400mg.Kg^{-1} e o melhor tempo de fermentação 60 minutos e nestas condições as massas são mais extensíveis possibilitando elaborar pizzas com maior volume específico e melhor aparência de miolo.

5 ESTUDO 2 – INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DE FARINHA DE TRIGO POR FARINHA DE ARROZ E DA ADIÇÃO DA PREPARAÇÃO ENZIMÁTICA NAS PIZZAS

5.1 INTRODUÇÃO

O arroz há muitos séculos é consumido no Oriente, tanto na forma de grão inteiro como na forma de produtos derivados. Já, no Ocidente, o hábito de consumo se restringe ao grão inteiro. Porém, a indústria do arroz gera grande quantidade de grãos quebrados, que pode representar em média 14% da matéria-prima processada, e o baixo valor comercial destes faz com que os órgãos de pesquisa se voltem para a busca de uma utilização de maior importância econômica e comercial para este subproduto gerado durante o beneficiamento.

Uma alternativa possível é a utilização dos grãos quebrados na produção de farinha de arroz, substituindo parcial ou totalmente a farinha de trigo em produtos de grande importância comercial. Essa possibilidade pode atender a dois interesses: agregar valor a um subproduto bastante disponível no Brasil, e reduzir os gastos de divisas do país na importação de trigo, o que pode vir a melhorar o desempenho da balança comercial brasileira. Uma oportunidade interessante com este objetivo é utilizar a farinha de arroz em produtos de panificação.

Os estudos sobre a utilização de farinha de arroz em produtos de panificação demonstram que há limitações porque as características dos produtos convencionais são afetadas. O arroz não possui as proteínas que formam o glúten, responsável pelas propriedades viscoelásticas da massa com habilidade de reter gás e produzir um produto de panificação macio. Contudo, a farinha para a elaboração de pizzas deve apresentar maior extensibilidade do que a farinha utilizada para pães, pois a massa de pizza ao ser esticada precisa manter o seu formato, sem retrair-se. Assim, a adição de farinha de arroz na formulação não afeta tanto as características das pizzas como afeta no pão.

Uma alternativa para obter-se produtos de panificação com melhores características funcionais é a utilização de aditivos químicos, tais como bromato de

potássio, porém estes têm sido rejeitados devido aos prováveis problemas que causam à saúde (QUIRCE et al., 2002). A adição de enzimas α -amilase e hemicelulase tem demonstrado melhorar as características tecnológicas e sensoriais de pães de farinha de trigo. Essas enzimas, portanto, podem atuar favoravelmente em produtos de panificação elaborados com farinhas mistas de arroz e trigo.

Segundo a Granotec do Brasil (2004), a preparação enzimática, desenvolvida a partir da combinação das enzimas α -amilase e hemicelulase, proporciona nos produtos de panificação melhor volume específico, melhor tolerância à fermentação, melhor maquinabilidade e maior extensibilidade da massa. A empresa também fabrica o produto para uso doméstico, disponível em supermercado com marca “Pizza Certa”, apresentando as mesmas enzimas.

Sabe-se que em massas de pequena espessura, quando assadas em contato direto com a soleira quente de fornos, as enzimas são inativadas rapidamente, como nos pães do tipo duro (DOGAN, 2003), sendo muito pequeno o efeito destes biocatalisadores no forno. Em vista disto, para se observar o efeito das enzimas sobre as pizzas é necessário um tempo adicional de reação, além do tempo de forneamento, que pode ser durante a fermentação biológica, antes de ir ao forno.

O objetivo deste estudo foi testar a substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e a adição de preparação enzimática, através do emprego das enzimas α -amilase e hemicelulase, na elaboração de massas de pizza.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Com base nos resultados do estudo 1, foram definidos a concentração da preparação enzimática de 400mg.Kg^{-1} e o tempo de fermentação de 60 minutos a serem utilizados na preparação das pizzas com 3 níveis de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz (10, 20 e 30%).

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pós-colheita e Industrialização de Grãos, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas.

5.2.1 Material

A farinha de trigo tipo 1 utilizada foi fornecida pela indústria Moinhos do Sul, de Rio Grande, RS, apresentando 12,15% de umidade, 10,0% de proteína bruta (N x 5,7), 0,65% de cinzas, 467 segundos de número de queda. A força geral do glúten (W) determinada no alveógrafo foi 185×10^{-4} J e a relação P/L de 0,59. O fermento utilizado foi do tipo biológico seco instantâneo, marca Fleischmann. O cloreto de sódio (P.A.) utilizado foi da marca Synth. A gordura hidrogenada foi adquirida no comércio local. A preparação enzimática contendo hemicelulase de bactéria *Thermomyces lanuginosus* e α -amilase de *Aspergillus oryzae* foi fornecida pela Granotec do Brasil, apresentando as seguintes especificações: atividade enzimática de hemicelulase mínima: 4260 UHMG/g (N° IUB.: 3.2.1.8); atividade enzimática de α -amilase mínima: 3500 SKB/g (N° IUB.: 3.2.1.1); umidade máxima: 8,0%; pH ótimo de atuação: 4,0–6,0; temperatura ótima de atuação: 25-65°C; temperatura de inativação acima de 80°C.

A farinha de arroz inativada enzimaticamente foi fornecida pela indústria Cerealle, apresentando 10,6% de umidade, 7,0% de proteína bruta (N x 5,75) e 0,3% de cinzas.

5.2.2 Métodos

5.2.2.1 Composição química

Os conteúdos de umidade, cinzas e proteínas das farinhas de trigo e de arroz foram determinados de acordo com a AACCC (1995), métodos números 44-15A, 08-01 e 46-13, respectivamente.

5.2.2.2 Número de queda

O número de queda foi determinado através do uso do aparelho *Falling Number*, modelo FN 1310 (Perten Instruments, Suíça), de acordo com o método

n°56-81B da AACC (1995), utilizando sete gramas de farinha, corrigido para 15% de umidade. Foram testadas a amostra controle (100% de farinha de trigo) e amostras com 10, 20 e 30% de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz.

5.2.2.3 Consistografia

A absorção d'água pelas farinhas foi determinada em Consistógrafo Chopin, utilizando o método 54-50 AACC (1995), através da pesagem de 250 gramas de farinha e volume de NaCl à 2,5% baseado na umidade inicial da farinha, assim obtendo-se uma curva consistográfica, pelo registro da pressão que a massa exerce ao entrar em contato, em cada volta do braço amassador, com um sensor da amassadora. Foi realizado um ensaio prévio (consistograma a hidratação constante) que indicou a quantidade de água a ser adicionada à massa para que em um segundo ensaio (consistograma a hidratação adaptada) se alcançassem 2200mb de pressão máxima.

5.2.2.4 Alveografia

As propriedades reológicas (P, L, P/L e W) das farinhas foram determinadas em Alveógrafo marca Chopin, modelo NG (Villeneuve-la-Garenne Cedex, França), utilizando o método n° 54-30 da AACC (1995), através da pesagem de 250 gramas de farinha, corrigido para 15% de umidade, e volume de solução de NaCl à 2,5% de acordo com a absorção da farinha determinada no consistógrafo até atingir 2200mb de pressão máxima. A formação da bolha de massa foi realizada após o tempo de repouso de 60min, pois foi o tempo que apresentou melhores resultados no estudo¹.

Os parâmetros obtidos nos alveogramas são tenacidade (P), que é determinada pela medida da sobrepressão máxima exercida na expansão da massa (expressa em mm de coluna d'água); extensibilidade (L), que é determinada pela medida do comprimento da curva (mm), P/L que é a relação entre tenacidade e extensibilidade, e energia de deformação da massa (W), que corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura, expressa em 10^{-4} Joules.

5.2.2.5 Elaboração das massas de pizza

Neste estudo foram realizadas sete formulações, uma controle de 100% de farinha de trigo sem a preparação enzimática, três com substituição da farinha de trigo por farinha de arroz nas proporções de 10%, 20% e 30%, respectivamente, e, outras três, nos mesmos níveis de substituição por farinha de arroz, porém com adição de 400mg.Kg⁻¹ da preparação enzimática.

Para o preparo das massas foi utilizada a formulação fornecida pela Granotec do Brasil (2004), com adaptações, sendo utilizados farinha de trigo (100%), e os demais ingredientes com base na farinha (b.f.) foram: gordura vegetal hidrogenada (3% b.f.), fermento biológico seco instantâneo (1,5% b.f.) e a solução salina (2,5% cloreto de sódio) que foi adicionada de acordo com a absorção da farinha determinada por consistografia. A mistura e o amassamento foram realizados no misturador do Alveógrafo Chopin. Os ingredientes secos foram misturados durante 4 minutos e o tempo de amassamento com solução salina foi de 4 minutos. O formato das pizzas foi de aproximadamente 5cm de diâmetro por 1cm de altura. A laminação e o corte das massas de pizza foram realizados com o laminador e molde utilizados na análise alveográfica. A seguir, foram deixadas em repouso à temperatura ambiente, durante 60min, para a fermentação. Após, as mini-pizzas foram pré-assadas em forno elétrico marca ITC, por 5 minutos, à temperatura de 180°C, sobre uma pedra de cerâmica (pré-aquecida), imitando a soleira de um forno de pizzeria. Por fim, foram deixadas esfriar à temperatura ambiente e embaladas em sacos de papel até sua utilização nas avaliações.

5.2.2.6 Volume específico

O volume das pizzas foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço (HSIEH et al., 1991) e o volume específico calculado pela relação entre o volume do disco de pizza e o seu peso, obtido pelo emprego de balança semi-analítica. A determinação do volume específico foi realizada após 24h da elaboração das pizzas, com três repetições e os resultados expressos em cm³.g⁻¹.

5.2.2.7 Avaliação sensorial

A avaliação sensorial foi realizada para verificar os atributos maciez (observado através do tato), aparência do miolo e da crosta das pizzas. Para esta avaliação foi utilizada uma escala linear não estruturada de nove centímetros, possuindo em seus extremos termos descritivos, sendo o extremo esquerdo a menor intensidade do atributo avaliado e o direito, a maior. A avaliação foi realizada por equipe de sete julgadores treinados. As amostras foram cortadas longitudinalmente para a visualização do miolo, codificadas com números de três dígitos aleatórios e servidas simultaneamente em cada estudo (GULARTE, 2002), sendo utilizada a ficha de avaliação sensorial apresentada no Apêndice A.

5.2.2.8 Planejamento experimental e análise estatística

Neste estudo, a variável independente (variável manipulada) foi a proporção de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz, com ou sem adição de 400mg.Kg^{-1} de preparação enzimática. O planejamento (tab. 14) constou de 7 tratamentos, sendo avaliados como respostas (variáveis dependentes) o número de queda, a tenacidade (P), a extensibilidade (L), a relação tenacidade/extensibilidade (P/L), a força geral do glúten (W), o volume específico, a maciez e a aparência do miolo e da crosta, em, no mínimo, 3 repetições.

Tabela 14 - Planejamento experimental utilizado na avaliação da proporção de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática no número de queda, nos parâmetros alveográficos, no volume específico e nos atributos sensoriais

Tratamentos	Variáveis Independentes		Variáveis Dependentes
	Farinha de arroz (%)		
1	0		P (mm)
2	10		L (mm)
3	20		P/L
4	30		W (10^{-4} J)
5	10 + preparação enzimática		Número de queda (s)
6	20 + preparação enzimática		Volume específico ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)
7	30 + preparação enzimática		Maciez
			Aparência do miolo
			Aparência da crosta

P – tenacidade; L – extensibilidade; P/L - relação entre tenacidade e extensibilidade; W – força geral do glúten.

A análise dos resultados das características estudadas foi realizada pelo emprego da análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi realizada através do teste de Tukey, a 5% de significância, usando o software *Statistica* 6.0.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Influência da adição de α -amilase

Visando avaliar a influência da adição de farinha de arroz sobre as pizzas foi determinado o número de queda das farinhas com 3 níveis de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz.

Na tab. 15 são apresentados os resultados do número de queda das amostras de farinha de trigo controle e daquelas com 10, 20 e 30% de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz.

Tabela 15 - Número de queda das misturas de farinhas de trigo e arroz.

Proporção de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz (%)	Tempo (s) ²
0	467 b ¹
10	465 b
20	504 ab
30	541 a

1 – Amostra controle (100% de farinha de trigo).

2 - Médias de 3 repetições, seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna, comparando as porcentagens de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Com o aumento da proporção de farinha de arroz, o número de queda aumenta, ou seja, a farinha de arroz tem pouca ou nenhuma atividade de α -amilase, isso pode ser explicado pelo fato de que a farinha sofreu um processamento para inativação da lipase, o que provavelmente acarretou também na inativação da α -amilase, razão pela qual foi adicionado amilase (preparação enzimática).

5.3.2 Influência da concentração da preparação enzimática na absorção d'água das farinhas

A análise de consistografia foi realizada na farinha de trigo controle e nas farinhas mistas contendo farinha de arroz, nos níveis de 10, 20 e 30%, com e sem a adição de 400mg.Kg^{-1} da preparação enzimática, para determinar a absorção de água dos diferentes tratamentos.

A tab. 16 apresenta a absorção de água dos diferentes tratamentos, com base em farinha (100%), expressa em percentual, e os correspondentes volumes (mL) de solução salina (2,5% NaCl) que foram utilizados na elaboração das pizzas.

Tabela 16 - Solução salina (2,5% NaCl) adicionada às misturas de farinhas de trigo e arroz, sem e com adição da preparação enzimática

Proporção de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz (%)	Absorção de água (%)		Solução de 2,5% NaCl (mL)*	
	Sem enzimas	Com enzimas	Sem enzimas	Com enzimas
0	52,3	-	134,8	-
10	50,8	50,7	133,0	133,9
20	47,8	46,6	128,6	126,8
30	40,5	41,7	117,0	119,7

* Valores obtidos a partir de uma tabela, fornecida pelo fabricante do equipamento, de conversão de absorção de água (%) para volume (mL) de solução de NaCl a 2,5%.

Na tab. 16 observa-se uma acentuada diminuição de absorção de água, conforme aumenta a proporção de farinha de arroz na mistura. Esta observação está em consonância com Gujral et al. (2003) que relatam que a farinha de arroz tem baixa absorção de água.

As farinhas mistas de trigo e arroz apresentam um comportamento adverso ao das farinhas de trigo, pois não conseguem formar uma massa contínua devido à diluição do glúten do trigo. Durante o teste no consistógrafo, o braço do misturador pressiona a massa contra o sensor de pressão, e esta se esfarela, gerando um sinal de baixa pressão, o que corresponde a uma baixa consistência e o software do Alveolink deste equipamento interpreta este sinal como se fosse uma massa fluida com excesso de água, recomendando assim a adição de menor quantidade de água para a mistura.

5.3.3 Influência da substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática nos parâmetros alveográficos das farinhas

A tab. 17 apresenta as características viscoelásticas das massas com substituição de farinha de trigo por farinha de arroz, na proporção de 10, 20 e 30%, com e sem a preparação enzimática, e uma controle somente com farinha de trigo.

Tabela 17 - Influência da substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática nos parâmetros alveográficos

Proporção de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz (%) ²	Parâmetros alveográficos							
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
	enzimas	enzimas	enzimas	enzimas	enzimas	enzimas	enzimas	enzimas
	P (mm) ^{3,4}		L (mm) ^{3,4}		P/L ^{3,4}		W (10 ⁻⁴ J) ^{3,4}	
0	56 d ¹	56 c ¹	111 a ¹	111 a ¹	0,51 d ¹	0,51 c ¹	185 a ¹	185 a ¹
10	A 70 c	B 51 c	B 70 b	A 84 b	A 1,00 c	B 0,63 c	A 165 b	B 142 b
20	A 107 b	B 85 b	B 30 c	A 37 c	A 3,62 b	B 2,34 b	A 135 c	B 129 c
30	A 138 a	B 122 a	B 8 d	A 11 d	A 17,65 a	B 11,03 a	A 55 d	A 64 d

1 – Amostra controle (100% de farinha de trigo) sem adição da preparação enzimática.

2 – Médias de 5 repetições, seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna, comparando as porcentagens de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

3 – Médias de 5 repetições, seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma linha, comparando a adição ou não da preparação enzimática, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

4 – P – tenacidade; L – extensibilidade; P/L – relação entre tenacidade e extensibilidade; W – força geral do glúten.

Como pode ser observado na tab. 17, todos os parâmetros alveográficos apresentaram diferença estatística entre as amostras com diferentes níveis de farinha de arroz. A tenacidade (P) e P/L apresentaram um aumento diretamente proporcional à substituição de farinha de arroz, e a extensibilidade (L) e o W (força geral do glúten) diminuíram de forma inversamente proporcional, comportamentos estes similares aos encontrados por Gularte et al. (2004), percebendo-se assim que estes obedecem a um padrão.

As pizzas produzidas com maiores proporções de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz (30%) não apresentaram características desejáveis, o que pode ser explicado pela farinha de trigo utilizada que apresentava força média (W de 185×10^{-4} J) e que teve uma redução muito mais intensa, proporcionalmente, do que as correspondentes proporções de farinha de arroz adicionadas (tab. 17).

Esse resultado está em consonância com Gularte et al. (2004) que estudando as propriedades reológicas e físicas de pães com farinha de trigo e arroz, e utilizando farinha de trigo mais forte (W de 407×10^{-4} J), puderam concluir que a substituição de farinha de trigo por farinha de arroz pode ser de até 35% em pães de forma e de barra.

Já a adição da preparação enzimática à mistura de farinhas, como era esperado, minimiza as tendências, ou seja, segura um pouco a tendência de aumentar P e diminuir L.

Especificamente foi observado que as propriedades tecnológicas da massa de pizza com 20% de farinha de arroz e com enzimas apresenta inferior maquinabilidade, visto que P (tenacidade) é superior ao controle e L (extensibilidade) é inferior ao controle, pois a farinha de arroz deixa a massa seca e dura. Estes resultados sugerem que a adição de farinha de arroz superior a 20% tem um impacto negativo sobre a qualidade das massas.

5.3.4 Influência da substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática no volume específico e nos atributos sensoriais das pizzas

Os testes de volume específico e avaliações sensoriais foram realizados nas pizzas elaboradas com 100% de farinha de trigo (controle) e com farinhas mistas

contendo farinha de arroz, nos níveis de 10, 20 e 30%, com e sem a adição de 400mg.Kg^{-1} da preparação enzimática e 60 minutos de fermentação.

Na Fig. 7 são apresentadas as massas de pizza com substituição parcial por farinha de arroz, com e sem a preparação enzimática, e a controle (100% de farinha de trigo, sem enzimas).

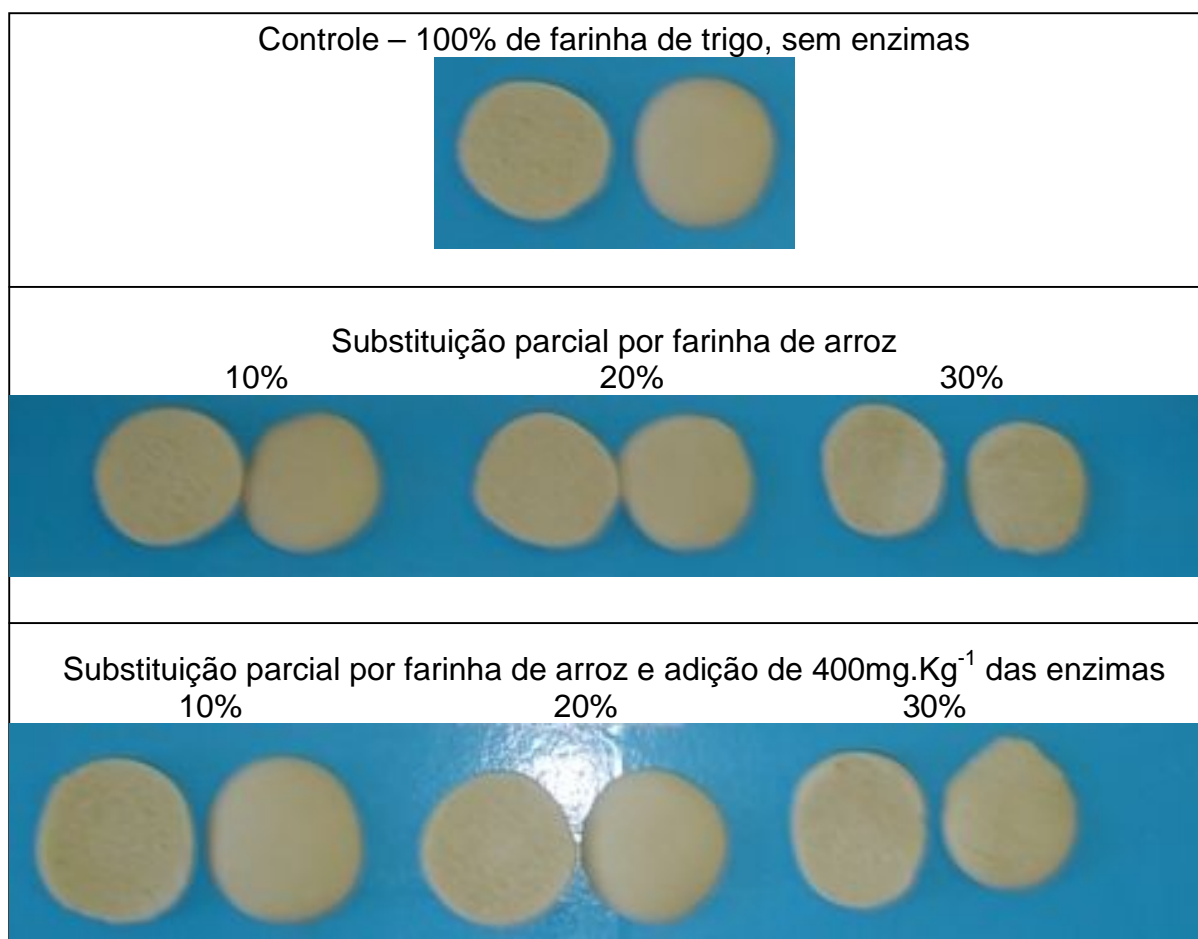


Figura 7 – Influência da substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática na expansão das massas de pizza

Pode ser observado na Fig. 7 que a pizza com 10% de farinha de arroz com adição de enzimas apresentou expansão superior a todas as outras amostras, inclusive maior que a controle. E que a amostra com 20% de farinha de arroz e adição de enzimas apresentou expansão similar à controle.

Nas tab. 18 e 19 são apresentados os resultados de volume específico, maciez, aparência do miolo e da crosta das pizzas elaboradas com substituição de farinha de trigo por farinha de arroz, nas proporções de 10, 20 e 30%, sem e com adição da preparação enzimática, e a controle, somente com farinha de trigo.

Tabela 18 - Influência da substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática no volume específico das pizzas

Proporção de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz (%) ³	Sem enzimas	Com enzimas
	Volume específico (cm ³ .g ⁻¹) ²	
0	2,58 a ¹	2,58 b ¹
10	B 2,63 a	A 2,92 a
20	B 2,23 b	A 2,49 b
30	B 1,70 c	A 2,05 c

1 – Amostra controle (100% de farinha de trigo) sem adição da preparação enzimática.

2 – Médias de 3 repetições, seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna, comparando as porcentagens de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

3 – Médias de 3 repetições, seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma linha, comparando a adição ou não da preparação enzimática, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 19 - Influência da substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e da adição da preparação enzimática nos atributos sensoriais maciez, aparência do miolo e da crosta das pizzas

Proporção de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz (%) ²	Atributos sensoriais					
	Sem enzimas	Com enzimas	Sem enzimas	Com enzimas	Sem enzimas	Com enzimas
	Maciez ^{3,4}		Aparência do miolo ^{3,4}		Aparência da crosta ^{3,4}	
0	6,4 a ¹	6,4 a ¹	7,3 a ¹	7,3 a ¹	6,0 ab ¹	6,0 b ¹
10	A 7,1 a	A 7,4 a	A 7,6 a	B 4,6 b	A 7,3 a	A 8,0 a
20	A 5,4 a	A 6,7 a	A 7,0 a	B 5,8 ab	A 5,7 b	A 6,1 b
30	A 2,1 b	A 2,0 b	A 4,8 b	A 6,3 a	B 0,7 c	A 1,7 c

1 – Amostra controle (100% de farinha de trigo) sem adição da preparação enzimática.

2 – Médias de 7 repetições, seguidas de letras minúsculas distintas na mesma coluna, comparando as porcentagens de substituição de farinha de trigo por farinha de arroz, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

3 – Médias de 7 repetições, seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma linha, comparando a adição ou não da preparação enzimática, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

4 – Escala sensorial para o atributo textura do miolo 0 = dura a 9 = macia; para o atributo aparência do miolo 0 = miolo desuniforme a 9 = uniforme; para o atributo aparência da crosta 0 = crosta rugosa a 9 = crosta lisa.

Na tab. 18 pode-se observar que o volume específico das pizzas diminuiu conforme aumentou o nível de farinha de arroz na mistura, com todas amostras apresentando diferença estatística entre si, tanto nas pizzas com adição ou sem adição de enzimas. Observa-se também um efeito positivo pela adição de enzimas em todas as proporções de farinha de arroz ($p < 0,05$). Da mesma forma pode-se observar que a pizza com maior volume contém 10% de farinha de arroz e preparação enzimática, e tem volume significativamente maior que o controle.

A adição de farinha de arroz apresenta um efeito negativo a partir da proporção de 20%, mas as pizzas com esta proporção de farinha com adição de enzimas não diferem estatisticamente das pizzas controle.

A adição de enzimas e de farinha de arroz influenciou positivamente no aspecto da crosta das pizzas contendo 10% de farinha de arroz, sendo que as pizzas contendo 10% de farinha de arroz com enzimas apresentaram diferença significativa das pizzas controle; e as pizzas com 20% de farinha de arroz não apresentaram diferença significativa das pizzas controle.

Na aparência da crosta, a concentração de enzimas não afetou as pizzas com 0, 10 e 20% de farinha de arroz. Somente a pizza com 30% de farinha de arroz apresentou diferença estatística pela adição de enzimas. E a adição de farinha de arroz influenciou negativamente na aparência da crosta, sendo que as pizzas contendo 30% de farinha de arroz apresentaram diferença estatística em relação às demais pizzas.

A adição da preparação enzimática não mostrou diferença significativa para os atributos maciez e aparência da crosta para a mesma concentração de farinha de arroz. Para o atributo maciez, somente a pizza com 30% de farinha de arroz, sem e com enzimas, apresenta diferença significativa das pizzas com 0, 10 e 20% de farinha de arroz.

Pode-se ainda observar no volume específico, na maciez e na aparência da crosta (tab. 18 e 19) uma tendência à diminuição dos valores inversamente proporcional à adição de farinha de arroz. Por outro lado, para cada proporção de adição da farinha de arroz, a correspondente adição das enzimas restaura em parte essas características.

Um comportamento diferente foi observado para o atributo sensorial aparência do miolo (tab. 19), que melhorou com o aumento da farinha de arroz, sendo que as amostras com 30% de farinha de arroz apresentaram-se iguais

estatisticamente às amostras controle (sem farinha de arroz e sem enzimas). Isso pode ser explicado pela compactação que a farinha de arroz propicia ao miolo, com menor desuniformidade de tamanho e de distribuição de grânulos.

As pizzas produzidas com 20% de farinha de arroz, com adição da preparação enzimática, tanto para o volume específico, quanto para todos os atributos sensoriais, não diferiram significativamente da amostra controle. Enquanto que, nas amostras com 30% de farinha de arroz com preparação enzimática, o atributo aparência do miolo não apresentou diferença significativa da amostra controle, porém, para todas as outras determinações, as amostras diferiram significativamente, sendo que os valores se mostraram inferiores.

A influência de enzimas na distribuição de água em massas e pães pode ser uma razão dos efeitos favoráveis no volume, textura e estabilidade. O uso de xilanase pode causar redistribuição de água das pentosanas para o glúten, facilitando a extensibilidade da massa e um melhor salto de forno (MAAT et al., 1992; POUTANEN, 1997).

A farinha de arroz como as farinhas integrais são limitadas para a elaboração de produtos de panificação. Por sua vez, as preparações que contêm enzimas hemicelulase, que solubilizam parcialmente os polissacarídeos não-amídicos, (POUTANEN, 1997) mostraram diminuir os problemas causados pela adição de fibra alimentar (HASEBORG; HIMMELSTEIN, 1988; POUTANEN, 1997; LAURIKAINEN et al., 1998), ou pela adição de pentosanas insolúveis (KRISHNARAU; HOSENEY, 1994), assim como pelas adição das ásperas partículas de farelo que interferem na rede de glúten.

5.4 CONCLUSÕES DO ESTUDO 2

Pode-se concluir que a substituição da farinha de trigo por farinha de arroz em níveis de até 10% e com enzimas permite elaborar pizzas com volume maior que a controle.

Os resultados de volume específico e atributos sensoriais demonstram ainda que a substituição de 20% de farinha de trigo por farinha de arroz é viável.

A adição das enzimas em níveis de 400mg.Kg^{-1} melhora o volume e complementarmente recupera a maquinabilidade e a extensibilidade das massas de pizza com farinha de arroz em níveis mais próximos à controle.

O conjunto destes dados demonstra que, pelos parâmetros alveográficos, as farinhas mistas com a adição de enzimas já indicam que as pizzas apresentarão características desejadas e a avaliação dos atributos sensoriais e do volume específico de certa forma confirmam este indicativo.

O método de elaboração das massas de pizza realizado tanto no estudo 1 como no estudo 2 é eficaz para a pesquisa em escala laboratorial.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados do estudo 1 permitiram concluir que, das condições testadas para pizzas de 100% de farinha de trigo, a melhor proporção da preparação enzimática (α -amilase e hemicelulase) é de 400mg.Kg⁻¹ e o melhor tempo de fermentação é 60 minutos. Nestas condições as pizzas apresentaram maior volume específico, melhor aparência de miolo e massas mais extensíveis.

Pode-se concluir a partir do estudo 2 que a substituição da farinha de trigo por farinha de arroz em níveis de até 10% produz pizzas com igual volume ao controle e os resultados de volume específico e atributos sensoriais demonstram que a substituição de 20% de farinha de trigo por farinha de arroz e com adição de enzimas é viável.

A adição das enzimas em níveis de 400mg.Kg⁻¹ produz um volume significativamente maior e complementarmente recupera a maquinabilidade e a extensibilidade das massas de pizza com farinha de arroz.

O conjunto destes dados demonstra que, pelos parâmetros alveográficos, as farinhas mistas com a adição de enzimas já indicam indiretamente que as pizzas apresentarão características desejadas e a avaliação dos atributos sensoriais e o teste de volume específico de certa forma confirmam este indicativo.

Estudos complementares a este sobre a utilização de farinha de arroz em produtos de panificação deveriam considerar a utilização de farinhas de trigo com maior força de glúten. Alternativamente, deveriam ser testadas farinhas de diferentes variedades de arroz com diferentes teores de proteínas e amilose.

A utilização de enzimas que atuem complementarmente sobre as proteínas da farinha de arroz podem contribuir para o desenvolvimento de produtos de panificação.

O método de elaboração das massas de pizza proposto neste trabalho pode vir a ser utilizado como um método laboratorial e contribuir em diversos trabalhos de pesquisa com massas de pizza.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R.L. **Produção e caracterização de massa de pizza pré-assada e congelada**. 1995. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- AGUILAR, M.J.R.; DE PALOMO, P.; BRESSANI, R. Development of bakery products for greater adult consumption base don wheat and rice flour. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 54, n. 3, p. 314-321, sep. 2004.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). **Approved methods of the AACC**. 8 ed. Saint Paul: AACC, 1995. Paginação irregular.
- AUTIO, K. et al. Effects of purified endo- β -xylanase and endo- β -glucanase on the structural and baking characteristics of rye doughs. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 29, p. 18-27, 1996.
- BOX, G. E. P.; HUNTER, J. S.; HUNTER, W. G. **Statistics for Experimenters: Design, Innovation and Discovery**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 2005.
- CAGNO, R. DI; ANGELIS, M. DE; CORSETTI, A.; LAVERMICOCCA, P.; ARNAULT, P.; TOSSUT, P.; GALLO, G.; GOBBETTI, M. Interactions between sourdough lactic acid bacteria and exogenous enzymes: effects on the microbial kinetics of acidification and dough textural properties. **Food Microbiology**, v. 20, p. 67-75, 2003.
- CALAVERAS, Jesús. **Tratado de panificación y bollería**. 1.ed. Madrid: AMV Ediciones, 1996. 469p.
- CARDOSO, C. E. L.; GAMEIRO, A. H. **Adição de derivados da mandioca à farinha de trigo: Algumas reflexões**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 30p. (Texto para Discussão 12).
- CAUVAIN, S.P.; CHAMBERLAIN, N. The bread improving effect of fungal α -amilase. **Journal of Cereal Science**, v. 8, n. 3, p. 239-248, 1988.
- CHEN, J.; D'APPOLLONIA, B.L. Alveograph studies on hard red spring wheat flour. **Cereal Foods World**, v. 30, n. 12, p. 862-867, dec. 1985.
- COLLAR, C.; MARTINEZ, J.C.; ANDREU, P.; ARMERO, E. Effects of enzyme associations on bread dough performance. A response surface analysis. **Food Science and Technology International**, v. 6, p. 217-226, 2000.
- DELIBERALI, Janete. **Umidade de colheita, condições de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de trigo (*Triticum aestivum*, L.)**. 1998.

55f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

DENARDIN, C.C.; 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. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO; XXVI REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 2005, Santa Maria. **Anais do...** Santa Maria: UFSM, 2005. p.395-396.

DIA DA PIZZA. Disponível em: <<http://www.cybercook.com.br>>. Acesso em: 27 set. 2004.

DOGAN, I.S.; UNAL, S.S. Determination of damaged starch content of flour streams in mills using enzymatic and nonenzymatic methods, E. U. College of Engineering. **Journal of Food Engineering**, v. 8, p. 7-35, 1990.

DOGAN, I.S.; PONTE, J.G. Jr; WALKER, C.E. The formula and process variations on Turkish Francala bread production. **Cereal Foods World**, v. 41, p. 741-744, 1996.

DOGAN, Ismail S. Effect of α -amilases on dough properties during Turkish hearth bread production. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 38, p. 209-216, 2003.

DRAPON, R.; GODON, B. Role of enzymes in baking. In: **Enzymes and their role in cereal technology** (edited by J. E. Kruger, D. Lineback & C. E. Stauffer). St Paul, MN: American Association of Cereal Chemist, 1987. p. 281-324.

EL-DASH, A.A. **Análises das perspectivas de um programa para a substituição parcial de farinha de trigo por sucedâneos de produção nacional**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1983. 25p. (Doc. 004).

EL-DASH, A.A.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinhas mistas na produção de biscoitos**. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. v. 6.

ESTILO: A história da pizza em livro. Disponível em: <<http://www.diariopopular.com.br>>. Acesso em: 27 set. 2004.

GRANOTEC DO BRASIL. **Enzimas para panificação**. Disponível em: <http://www.granotec.com.br/aditivo_produtos.asp> Acesso em: 19 set. 2004.

GRUPPEN, H.; KORMELINK, F.J.M.; VORAGEN, A.G.J. Enzymic degradation of water-unextractable cell wall material and arabinoxylans from wheat flour. **Journal of Cereal Science**, v. 18, p. 129-143, 1993.

GUARIENTI, E.M. **Qualidade Industrial de Trigo**. 2.ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 36p.

GUJRAL, H.S.; GUARDIOLA, I.; CARBONELL, J.V.; ROSELL, C.M. Effect of cyclodextrin glycosyl transferase on dough rheology and bread quality from rice flour. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 3814-3818, 2003.

GUJRAL, H.S.; ROSELL, C.M. Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase. **Food Research International**, v. 37, p. 75-81, 2004.

GULARTE, M.A. **Manual de Análise Sensorial de Alimentos**. Pelotas: Ed. Edigraf UFPEL, 2002. 59p.

GULARTE, M. A.; PALLARES, M.G.; ELIAS, M.C.; TAVARES, A.C.K.; DIAS, A.R.G. Propiedad reologica y física de pan con harina de trigo y arroz. In: XIII Seminário Latino americano y del Caribe ciencia & Tecnología de Alimentos, VII Jornadas Uruguayas e II Feira Especializada de Ingredientes y aditivos, envases, equipos y servivios, 2004, Montevideo. **XIII Seminário Latino americano y del Caribe Ciencia & Tecnología de Alimentos, VII Jornadas Uruguayas e II Feira Especializada de Ingredientes y aditivos, envases, equipos y servivios**. Montevideo : SUCTAL, 2004. p. 37-37.

GUTKOSKI, L.C.; VELLOSO, C.B.; DÓRO, C.T.; SILVEIRA, A.A.E.; BONAFÉ, L.Z. Uso de farinha mista de trigo e aveia em produtos de panificação: pães tipo forma, francês e pré-pizza. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 33-45, jan./jun. 1993.

GUTKOSKI, L.C. et al. Estudo da formulação de pão francês congelado não fermentado. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 3, p. 347-352, 2004.

HAMMOND, J. Breadmaking with hemicellulase: overcoming the legal hurdles. **Food Technology International European**, p. 19-23, 1994.

HARADA, O.; LYSENKO, E.D.; PRESTON, K.R. Effects of comercial hydrolytic enzyme additives on Canadian short process bread properties and processing characteristics. **Cereal Chemistry**, v. 77, p. 70-76, 2000.

HASEBORG, E.; HIMMELSTEIN, A. Quality problems with high-fiber breads solved by using hemicelulase enzymes. **Cereal Foods World**, v. 33, p. 419-422, 1988.

HILHORST, R.; DUNNEWIND, B.; ORSEL, R.; STEGEMAN, P.; VAN VLIET, T.; GRUPPEN, H.; SCHOLS, H.A. Baking performance, rheology, and chemical composition of wheat dough and gluten affected by xylanase and oxidative enzymes. **Food Chemical Toxicology**, v. 64, p. 808-813, 1999.

HOSENEY, R.C. Principles of cereal science and technology. **American Association of Cereal Chemists (AACC)**, Saint Paul, p. 76-80, 1990.

HSIEH, F.; HUFF, H.; LUE, S. Twin-screw extrusion of sugar beet fiber and corn meal. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 24, n. 6, p. 495-500, 1991.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Arroz RS**. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>> Acesso em: 07 maio 2005.

JIANG, Z.; LI, X.; YANG, S.; LI, L.; TAN, S. Improvement of the breadmaking quality of wheat flour by the hyperthermophilic xylanase B from *Thermotoga maritima*. **Food Research International**, v. 38, p. 37-43, 2005a.

JIANG, Z.Q.; YANG, S.Q.; TAN, S.S.; LI, L.T.; LI, X.T. Characterization of a xylanase from the newly isolated thermophilic *Thermomyces lanuginosus* CAU44 and its application in bread making. **Letters Applied Microbiology**, v. 41, p. 69-76, 2005b.

JIMÉNEZ, T; MARTÍNEZ-ANAYA, M.A. Characterisation of water soluble pentosans of enzyme supplemented dough and breads. **Food Science and Technology International**, v. 6, p. 109-116, 2000.

JIMÉNEZ, T; MARTÍNEZ-ANAYA, M.A. Amylase and hemicelulase in breadmaking. Degradation by-products and potential relationship with functionality. **Food Science and Technology International**, v. 7, p. 5-14, 2001.

JOHNSON, J.A.; MILLER, B.S. High levels of alpha amylase in baking. I. Evaluation of the effect of alpha-amylase from various sources. **Cereal Chemistry**, v. 25, p. 168-178, 1948.

KRISHNARAU, I.; HOSENEY, R.C. Enzymes increase loaf volume of bread supplemented with starch tailings and insoluble pentosans. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 1251-1254, 1994.

KULP, K.; PONTE, J.G. Jr. Staling of white pan bread: fundamental causes. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 15, p. 1-48, 1981.

KURACINA, T.A.; LORENZ, K; KULP, K. Starch functionality as affected by amylases from different sources. **Cereal Chemistry**, v. 64, p. 182-186, 1987.

LARSEN, D.M.; SETER, C.S.; FAUBION, J.M. Effect of flour type and dough retardation time on the sensory characteristics of pizza crust. **American Association of Cereal Chemists**, v. 70, n. 6, p. 647-650, 1993.

LAURIKAINEN, T.; HÄRKÖNEN, H.; AUTIO, K.; POUTANEN, K. Effects of enzymes in fibre-enriched baking. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 76, p. 239-249, 1998.

LINDSAY, M.P.; SKERRITT, J.H. The glutenin macropolymer of wheat flour doughs structure-function perspectives. **Trends in Food Science and Technology**, v. 13, p. 247-253, 1999.

LUKOW, O.M.; BUSHUK, W. Influence of germination on wheat quality. I. Functional (breadmaking) and biochemical properties. **Cereal Chemistry**, v. 61, n. 4, p. 336-339, 1984.

MAAT, J.; ROZA, M.; VERBAKEL, J.; STAM, H.; SANTOS DA SILVA, M.J.; BOSSE, M., et al. Xylanases and their application in bakery. In: J. Visser, G. Beldman, M.A. Kustersvan Someren & A.G.J. Voragen (Eds.), **Xylans and xylanases**. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science, 1992. p. 349-360.

MACHADO, L.M.P. **Pão sem glúten**: otimização de algumas variáveis de processamento. 1996. 186f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MANINDER, K.; JONGERSEN, O.B. Interrelations of starch and fungal alpha amylase in breadmaking. **Starch**, v. 35, p. 419-426, 1983.

MARTÍNEZ-ANAYA, M.A.; JIMÉNEZ, T. Functionality of enzymes that hydrolyse starch and non-starch polysaccharide in breadmaking. **Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung**, v. 205, p. 209-214, 1997.

McCLEARY, B.V. Enzymatic modification of plant polysaccharides. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 8, p. 349-354, 1986.

MILLER, B.S.; JOHNSON, J.A. Fungal enzymes in baking. **Bakers Digest**, v. 29, p. 95-100, 166-167, 1955.

MUTASAERS, J.H.G.M. Developments in enzyme technology for the bakery. In: PROCEEDINGS OF THE 10TH INTERNATIONAL CEREAL AND BREAD CONGRESS, 1996, Porto Carras (Chalkidiki), Greece. **Book of Abstracts**. Greece, 1996. p. 20.

NISHITA, K.D.; BEAN, M.M. Physicochemical properties of rice in relation to rice bread. **Cereal Chemistry**, v. 56, p. 185-189, 1979.

NOOMHORN, A.; BANDOLA, D.C. Effect of rice variety, rice flour concentration and enzyme levels on composite bread quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 64, p. 433-440, 1994.

NORMA, A.C.; GUILLERMO, A.O. Production, purification and characterization of a low-molecular-mass xylanase from *Aspergillus* sp. and its application in baking. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 104, p. 159-171, 2003.

NOVOZYMES. **Dough conditioning**. Disponível em: <<http://www.novozymes.com>> Acesso em: 19 set. 2004.

PEREZ, P.M.P.; GERMANI, R. Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 15-24, jan./jun. 2004.

POLDERMANS, B.; SCHOPPINK, P. Controlling the baking process and product quality with enzymes. **Cereal Foods World**, v. 44, n.3, p.132-135, 1999.

PONTE, J.G. Jr; TITCOMB, S.T.; COTTON, R.H. Some effects of oven temperature and malted barley level on bread making. **Bakers Digest**, v. 37, p. 44-48, 1963.

POPPER, Lutz. Flour treatment in Europe. **Newsletter Mühlenchemie GmbH**, Special Edition, may 1998. 7p.

POUTANEN, K. Enzymes: An important tool in the improvement of the quality of cereal foods (Review). **Trends in Food Science & Technology**, v. 8, p. 300-306, sept. 1997.

QUIRCE et al. **Materias primas de Panadería y Pastelería**. Palencia: Junta de Castilla y Leon, 2002. 310p.

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

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos**: uma estratégia seqüencial de planejamentos. Campinas: Casa do Pão, 2006.

ROUAU, X; EL-HAYEK, M.L.; MOREAU, D. Effect of an enzyme preparation containing pentosanases on the bread-making quality of flours in relation to changes in pentosan properties. **Journal of Cereal Science**, v. 19, p. 259-272, 1994.

SALLAS, M.A.; VITTI, P. Estudo preliminar sobre as propriedades tecnológicas de panificação da farinha mista de trigo e amaranto. **Coletânea do ITAL**, v. 17, n. 1, p. 49-53, 1987.

SCHNEID, L. Farinha de arroz vira base para massa de pizza. **Diário Popular**, Pelotas, 6 abr. 2006. Rural, p.12.

SCHROEDER, L.F. Farinhas mistas. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, n. 92, p. 4-6, jul./ago. 1987.

SHELTON, D.R.; D'APPOLLONIA, B.L. Carbohydrate functionality in the baking process. **Cereal Foods World**, v. 30, p. 437-442, 1985.

SI, J.Q. Synergistic effects of enzymes for breadmaking – improvements of dough rheology and crumb texture. In: 10th INTERNATIONAL CEREAL AND BREAD CONGRESS, jun. 1996, Porto Carras (Chalkidiki), Greece. **Book of Abstracts of...**, jun. 1996. p. 26.

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

STEAR, C.A. **Handbook of Breadmaking Technology**. Essex, UK: Elsevier Science Publishers Ltd., 1990. p. 84, 234.

TANAKA, Y. Quality improvement of rice bread. **Jpn. Agric. Res. Q.**, v. 6, n. 3, p. 181, 1972.

TEIXEIRA, E. **Curso de análise físico-sensorial**. Florianópolis: UFSC, 1996. 111p.

VAN HARTINGSVELDT, W. Enzymes in baking standardization or functionality? In: VI MEETING ON INDUSTRIAL APPLICATIONS OF ENZYMES. 75TH ANNIVERSARY OF IQS. Barcelona, Spain. nov. 1995.

VITTI, P.; PIZZINATO, A. Pães de trigo, soja e mandioca. **Boletim do ITAL**, v. 6, p. 189-203, 1975a.

VITTI, P.; PIZZINATO, A. Emprego da farinha de raspas de mandioca pré-gelatinizada em pão e biscoito. **Boletim do ITAL**, v. 6, p. 409-430, 1975b.

VITTI, P. et al. Preparo de uma farinha de milho integral e desengordurada e seu uso em produtos de panificação. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 441-450, out./dez. 1980.

WEEGELS, P.L.; MARSEILLE, J.P.; VORPOSTEL, A.M.B.; HAMER, R.J. In: **Agricultural Biotechnology in Focus in the Netherlands**. Wageningen: J.J. Dekkers, H.C. van der Plas and D.H. Vuijk, eds., PUDOC, 1990. p. 217-221.

WANG, S.H.; OLIVEIRA, M. F.; COSTA, P.S.; ASCHERI, J.L.R.; ROSA A.G. Farinhas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão para massas de pizzas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.389-395, abr. 2005.

APÉNDICE

APÊNDICE A – Exemplo de ficha de avaliação sensorial

UFPEI – PPGCTA / DCA

Nome:

Data:

Instruções:

1. Visualmente, compare as amostras e avalie os atributos solicitados.

Aparência da crosta

	inadequada muito rugosa	levemente	aceitável	ligeiramente lisa	adequada lisa
--	----------------------------	-----------	-----------	----------------------	------------------

Aparência do miolo

	desuniforme	levemente	aceitável	ligeiramente	adequada uniforme
--	-------------	-----------	-----------	--------------	----------------------

Comentários adicionais:.....