



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**MODIFICAÇÕES ENZIMÁTICAS EM PÃES BRANCOS E PÃES RICOS EM
FIBRAS: IMPACTOS NA QUALIDADE**

Janine Carvalho Nunes

Porto Alegre

2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**MODIFICAÇÕES ENZIMÁTICAS EM PÃES BRANCOS E PÃES RICOS EM
FIBRAS: IMPACTOS NA QUALIDADE**

Janine Carvalho Nunes

Engenheira de Alimentos - UNISINOS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como um dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Marco Antônio Záchia Ayub

Co-orientador: Simone Hickmann Flôres

Porto Alegre

2008

CIP – CATALOGAÇÃO INTERNACIONAL NA PUBLICAÇÃO

C331m Nunes, Janine Carvalho
Modificações enzimáticas em pães brancos e pães ricos em fibras: impactos na qualidade. / Janine Carvalho Nunes. – Porto Alegre: UFRGS, 2008.

119 f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, RS – BR, 2008. Marco Antônio Záchia Ayub, Orient.; Simone Hickmann Flôres, Co-orient.

1. Amilase 2. Transglutaminase 3. Xilanase 4. Associação enzimática 5. Qualidade de pães I. Ayub, Marco Antônio Záchia, Orient. III. Flôres, Simone Hickmann, Co-orient. IV. Título

CDU: 664:577.15

Janine Carvalho Nunes
Engenheiro de Alimentos - UNISINOS

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos para obtenção do grau de

MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, RS, Brasil.

Aprovada em: 28/02/2008
Pela Banca Examinadora:

Homologada em: 31/03/2008
Por:

Marco Antônio Záchia Ayub
Orientador – PPGCTA/UFRGS

Erna Vogt de Jong
Coordenador do Programa de Pós
Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos (PPGCTA)

Simone Hickamnn Flôres
Co-orientador – UFRGS

Neila Richards
Banca – UFSM

Alex Augusto Gonçalves
Banca – DALHOUSIE UNIVERSITY
HALIFAX, NS, CANADA

Plinho Francisco Hertz
Banca – UFRGS

Adriano Brandeli
Diretor do Instituto de Ciência e
Tecnologia de Alimentos. ICTA/UFRGS

AGRADECIMENTOS

Ao professor Marco Antônio Záchia, meu orientador, que sempre se mostrou pronto para me ajudar na hora que fosse preciso.

À professora Simone Hickmann Flôres pela orientação e amizade. Pela atenção que me deu inclusive durante sua gestação, quando, mesmo distante, conseguiu me fazer entender a estatística.

À professora Erna Vogt de Jong, uma mãezona, que sempre achou uma solução para meus problemas de última hora.

À todos os provadores que participaram do longo treinamento da análise sensorial. Muito obrigada por abandonar o que estavam fazendo nos encontros marcados e descer até o subsolo para fazer análise sensorial.

Às minhas bolsistas voluntárias, Juliana, Laura e Nádia, que me ajudaram muito e que, sem elas, a realização deste trabalho seria muito mais trabalhosa.

Ao Moinho Estrela, que proporcionou a realização das análises das farinhas.

À Solae do Brasil, que permitiu a realização da análise de textura de todas as amostras analisadas.

À Novozymes e à Ajinomoto, que forneceram as enzimas testadas neste trabalho.

Ao meu noivo Bernardo, que, sempre me apoiou nos momentos mais difíceis. Obrigada pela paciência, dedicação e companheirismo.

A minha irmã Gisele, pelo grande apoio no final do trabalho, e meu irmão Leonardo, que sempre segurou as pontas quando eu tinha que ficar em casa ou na UFGRS fazendo trabalho.

Aos meus pais, que foram os maiores incentivadores para eu voltar a estudar e cursar o Mestrado. Obrigada pelo carinho de sempre!

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Pão	13
1.1.1 História do pão	13
1.2 Processo de Fabricação	14
1.2.1 Etapas do Processo	15
1.3 Influência dos Principais Ingredientes na Qualidade do Pão	18
1.3.1 Farinha de Trigo	18
1.3.2 Água	19
1.3.3 Fermento biológico	19
1.3.4 Açúcares	19
1.3.5 Sal	20
1.3.6 Gorduras	20
1.3.7 Fibras	20
1.3.8 Enzimas	21
1.3.9 Outros aditivos	21
1.4 Envelhecimento de Pães	21
1.5 Influência da Adição de Enzimas em Pães	22
2 MATERIAIS E MÉTODOS	28
2.1 Materiais	28
2.2 Formulações	28
2.3 Preparo das amostras	30
2.4 Análises para Controle de Qualidade das Farinhas	30
2.5 Análise Sensorial	33
2.6 Análise Estatística	37
2.7 Análises Físico-Químicas	37
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.1 Pão Branco	39
3.1.1 Análises para Controle de Qualidade das Farinhas	39
3.1.2 Análise Sensorial	39
3.1.3 Análises Físico-Químicas	49

3.2 Pão Integral.....	56
3.2.1 Análises para Controle de Qualidade das Farinhas	56
3.2.2 Análise Sensorial.....	56
3.2.3 Análises Físico-Químicas.....	64
4 CONCLUSÕES.....	70
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
6 APÊNDICES.....	78
Apêndice A – Ficha de recrutamento de provadores.....	78
Apêndice B – Ficha para teste de diferenciação de sabores básicos	81
Apêndice C – Ficha utilizada para o teste triangular (diferença).....	82
Apêndice D – Ficha de aplicação do Método de Rede.....	83
Apêndice E – Ficha de avaliação utilizada na ADQ.....	84
Apêndice F – ANOVA para os atributos da análise sensorial de pães brancos.....	85
Apêndice G – Efeitos das variáveis L*, a* e b* na cor das farinhas brancas	86
Apêndice G.1 - Efeitos estimados para a variável L*	86
Apêndice G.2 - Efeitos estimados para a variável a*	86
Apêndice G.3 - Efeitos estimados para a variável b*	86
Apêndice H – Efeitos das variáveis L*, a* e b* na cor do miolo dos pães brancos	87
Apêndice H.1 - Efeitos estimados para a variável L*	87
Apêndice H.2 - Efeitos estimados para a variável a*	87
Apêndice H.3 - Efeitos estimados para a variável b*	87
Apêndice I – ANOVA para os atributos da análise sensorial de pães integrais.	88
Apêndice J – Efeitos das variáveis L*, a* e b* na cor do miolo dos pães integrais.....	89
Apêndice J.1 - Efeitos estimados para a variável L*	89
Apêndice J.2 - Efeitos estimados para a variável a*	89
Apêndice J.3 - Efeitos estimados para a variável b*	89
Apêndice L – Artigo da dissertação submetido ao Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A origem do pão remonta ao antigo Egito	14
Figura 2. Fluxograma do processo de panificação	15
Figura 3. Representação de cor pelo sistema CIELAB.....	31
Figura 4. Alveograma obtido com o Alveógrafo NG Chopin.....	33
Figura 5. Teste de sabores básicos.....	34
Figura 6. Teste de rede.....	35
Figura 7. Amostras utilizadas como referência.....	36
Figura 8. Aplicação da Análise Descritiva Qualitativa - ADQ.....	36
Figura 9. Texturômetro TA-XT2i.....	38
Figura 10. Gráfico bi-dimensional da variável cor do miolo.....	43
Figura 11. Gráfico bi-dimensional da variável textura	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulações básicas utilizadas no teste experimental	28
Tabela 2. Variáveis independentes e níveis de variações	29
Tabela 3. Delineamento experimental para as três variáveis independentes	29
Tabela 4. Concentração das soluções utilizadas para detecção dos quatro gostos básicos.....	34
Pão Branco	
Tabela 5. Planejamento experimental para as três variáveis independentes em relação às 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, para as análises de controle de qualidade das farinhas brancas	39
Tabela 6. Planejamento experimental para as três variáveis independentes em relação às 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, para a análise sensorial	41
Tabela 7. Efeitos estimados para a variável aparência do miolo	41
Tabela 8. Efeitos estimados para a variável cor do miolo	42
Tabela 9. ANOVA para a variável cor do miolo	43
Tabela 10. Efeitos estimados para a variável cor da crosta	44
Tabela 11. Efeitos estimados para a variável aroma.....	44
Tabela 12. Efeitos estimados para a variável porosidade do miolo.....	45
Tabela 13. Efeitos estimados para a variável sabor	46
Tabela 14. Efeitos estimados para a variável mastigabilidade	47
Tabela 15. Efeitos estimados para a variável adesividade.....	48
Tabela 16. Efeitos estimados para a variável aceitação	48
Tabela 17. Planejamento experimental para as três variáveis independentes em relação às 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, para as análises físico-químicas.....	49
Tabela 18. Efeitos estimados para a variável umidade.....	50
Tabela 19. Efeitos estimados para a variável cinzas.....	50
Tabela 20. Efeitos estimados para a variável textura.....	51
Tabela 21. ANOVA para a variável textura.....	51

Tabela 22. Efeitos estimados para a variável cor (ΔE^*).....	52
Tabela 23. Planejamento experimental para as variáveis L^* , a^* e b^*	53
Tabela 24. Efeitos estimados para a variável altura das fatias.....	54
Tabela 25. Efeitos estimados para a variável volume específico.....	54
Pão Integral	
Tabela 26. Planejamento experimental para as três variáveis independentes em relação às 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, para as análises de controle de qualidade das farinhas integrais	56
Tabela 27. Planejamento experimental para as três variáveis independentes em relação às 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, para a análise sensorial	57
Tabela 28. Efeitos estimados para a variável aparência do miolo	58
Tabela 29. Efeitos estimados para a variável cor do miolo	59
Tabela 30. Efeitos estimados para a variável cor da crosta	59
Tabela 31. Efeitos estimados para a variável aroma	60
Tabela 32. Efeitos estimados para a variável porosidade do miolo.....	61
Tabela 33. Efeitos estimados para a variável sabor	61
Tabela 34. Efeitos estimados para a variável sabor residual	62
Tabela 35. Efeitos estimados para a variável mastigabilidade	62
Tabela 36. Efeitos estimados para a variável adesividade.....	63
Tabela 37. Efeitos estimados para a variável aceitação.....	64
Tabela 38. Planejamento experimental para as três variáveis independentes em relação às 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, para as análises físico-químicas.....	65
Tabela 39. Efeitos estimados para a variável umidade.....	65
Tabela 40. Efeitos estimados para a variável cinzas.....	66
Tabela 41. Efeitos estimados para a variável textura.....	66
Tabela 42. Efeitos estimados para a variável cor (ΔE^*).....	67
Tabela 43. Planejamento experimental para as variáveis L^* , a^* e b^*	68
Tabela 44. Efeitos estimados para a variável altura das fatias.....	69
Tabela 45. Efeitos estimados para a variável volume específico.....	69

RESUMO

O pão é um dos alimentos mais consumidos na dieta humana, estando presente na mesa de diferentes povos e classes sociais. Além do seu aspecto apetitoso, o pão apresenta importante valor nutricional, uma vez que é fonte de carboidratos, proteínas, vitaminas e sais minerais. Na medida em que a panificação se estendeu do processo artesanal para a escala industrial, a utilização de agentes melhoradores de farinha vem se ampliando em função da necessidade de melhorar as características de processo e a vida útil dos produtos obtidos. Durante décadas, enzimas foram adicionadas à farinha na produção de pães com a finalidade de melhorar seu volume, sabor, aroma, estrutura da casca e do miolo, maciez e vida-de-prateleira. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da adição de enzimas na qualidade de pães brancos e pães ricos em fibras através do uso de associações enzimáticas de transglutaminase, xilanase e amilase. Foram preparadas 17 formulações para cada tipo de pão, com diferentes concentrações das enzimas, de acordo com o planejamento experimental 2^3 e para análise foi utilizada a metodologia de superfície de resposta. As etapas básicas da produção dos pães foram: pesagem e amassamento; divisão, boleamento e descanso; modelagem; fermentação; forneamento e resfriamento. As farinhas com a adição da associação enzimática e padrão foram submetidas às análises de umidade, cinzas, teor de glúten, cor, absorção de água, estabilidade, elasticidade e extensibilidade. Todas as 17 formulações e a formulação padrão para pão branco e pão rico em fibra foram analisadas sensorialmente, através da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), e físico-quimicamente, através das análises de umidade, cinzas, textura, cor, altura das fatias e volume específico. Os resultados obtidos no presente trabalho mostraram que a adição destas enzimas não é necessária para se ter um pão com boa qualidade e com características exigidas pelos consumidores. Observou-se que o efeito da associação das três enzimas testadas não foi significativo, pois na maioria das características avaliadas o melhor resultado foi o apresentado na amostra padrão, sem adição de enzimas.

Palavras-chave: associação enzimática, amilase, transglutaminase, xilanase e qualidade de pães.

ABSTRACT

Bread is one of the most consumed foods in the human diet. It is found on the table of people from different cultures and social classes. Besides its appetizing aspect, bread also presents important nutritional value, since it is a source of carbohydrates, proteins, vitamins and mineral salts. As bread-making has gone from the handmade process to the industrial scale, the usage of bread enhancements has increased in order to attend the necessity of improving process's characteristics and lifespan of the obtained product. Throughout many decades, enzymes were added to the flour during bread's production with the objective of increasing its volume, taste, aroma, crust's and crumb's structure, softness and lifespan. The present work is proposed to evaluate how the addition of enzymes can influence on the quality of white and wholemeal bread through the use of enzymatic associations of transglutaminase, xylanase and amylase. 17 formulations have been prepared for each type of bread, each one with different enzyme concentrations, according to the experimental planning 2³. The methodology used for the analysis was the Response Surface Methodology – RSM. The basic steps of production were: weighing and kneading; dividing, ball making and resting; molding; fermenting; baking and cooling. Both the standard flours and the ones with the addition of enzymatic associations were submitted to humidity, ashes, gluten level, color, water absorption, stability, elasticity, and extensibility analysis. All 17 formulations and the standard formulation for white bread and wholemeal bread have been submitted to sensorial evaluation using Quantitative Descriptive Analysis. They have also been physically and chemically tested through the analysis of humidity, ashes, texture, color, height of the slices and specific volume. The results obtained from this research proved that the addition of those enzymes is not necessary in order to make good quality bread with characteristics demanded by its consumers. It has been observed that the effect of the association of the 3 tested enzymes was not significant. The standard sample - free of enzyme addition - presented the best results for most of the evaluated characteristics.

Key-words: enzymatic association, amylase, transglutaminase, xylanase and bread quality.

1 INTRODUÇÃO

A fabricação de pão é um dos processos biotecnológicos mais antigos. Apesar da biotecnologia ser mais ou menos sinônimo de alta tecnologia, um processo tão antigo como o de panificação é um excelente exemplo de biotecnologia envolvendo a aplicação de leveduras e enzimas (KNIGHT; MAZZIERO, 2000).

Atualmente, verifica-se uma maior exigência do mercado consumidor, que busca produtos diferenciados, com qualidade e com aspectos nutricionais relevantes. Na panificação, um fenômeno complexo cujo mecanismo básico ainda não é totalmente compreendido, é o envelhecimento de pães. Este fenômeno, que causa o enrijecimento de pães durante a estocagem, perda do aroma e alteração no sabor vem sendo retardado com a adição de enzimas nas formulações.

Além disto, enzimas estão sendo muito bem aceitas em formulações de pães ricos em fibras. A importância da adição de fibras dietéticas na dieta humana tem sido demonstrada em muitos estudos. Segundo Katina *et al.* (2006), apesar da adição de fibras em produtos de panificação ser considerado um benefício saudável, ela pode causar problemas na qualidade de pães. A suplementação de fibras geralmente enfraquece a estrutura, diminui o volume do pão e a elasticidade do miolo. Então, o objetivo da indústria tornou-se produzir pães integrais com alta aceitabilidade pelo consumidor, tendo boas características de corpo, textura, *flavor* e outras propriedades desejáveis. Neste sentido, o uso de enzimas ou associações de enzimas tem sido um forte apelo, uma vez que podem ser adicionadas como agentes de panificação (HAMMES; WOOD, 1995).

Enzimas usadas na panificação são úteis ferramentas para formulações alimentares devido as suas capacidades em melhorar o processamento da massa, bem como promover produtos acabados de melhor qualidade. Juntamente com as tradicionais enzimas hidrolíticas do amido (amilolíticas) têm sido incorporadas à massa do pão enzimas que promovem a hidrólise de polissacarídeos, lipídeos e modificadoras de glúten, as quais tem apresentado resultados efetivos nas características tais como: amaciamento do miolo do pão, aumento da atividade das leveduras e enzimas endógenas e nos princípios anti-envelhecimento pela ação dos principais polímeros funcionais da farinha (COLLAR *et al.*, 2000).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da adição de enzimas na qualidade de pães brancos e pães ricos em fibras através do uso de associações enzimáticas de transglutaminase, xilanase e amilase.

Para tanto, em um primeiro momento, as farinhas com a associação de enzimas foram avaliadas em relação à umidade, cinzas, teor de glúten, cor, absorção de água, estabilidade, elasticidade e extensibilidade; em seguida foram desenvolvidas formulações de pães brancos e pães ricos em fibras com suplementação de enzimas e estas foram avaliadas sensorialmente, através da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e físico-quimicamente, através das análises de umidade, cinzas, textura, cor, altura das fatias e volume específico.

1.1 Pão

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

1.1.1 História do pão

A utilização do grão de trigo, como alimento, iniciou-se cerca de 17.000 anos atrás. Com o passar do tempo, o homem primitivo descobriu que poderia cultivá-lo e posteriormente realizar sua moagem para obtenção de farinha, triturando-o manualmente entre duas pedras (PIZZINATO; MAGNO; CAMPAGNOLLI, 2004).

Segundo Pomeranz (1987), há cerca de 12.000 anos começou-se a comer uma espécie de massa crua feita apenas de água e farinha. Esta massa era cozida em pedras quentes e, como o pão não continha fermento para fazê-lo crescer e conseqüentemente melhorar suas características físicas, este se apresentava de forma achatada, duro por fora e macio por dentro.

Acredita-se que os egípcios foram os primeiros a consumir massa fermentada e assada, cerca de 5.000 anos atrás, como mostra a Figura 1. As primeiras fermentações começaram, provavelmente, a partir de microrganismos que estavam presentes no ar. Uma vez que o trigo é o único cereal a conter glúten suficiente para produzir pão fermentado, não tardou a se tornar a cultura favorita, em detrimento de outros grãos como aveia, arroz e centeio (PIZZINATO; MAGNO; CAMPAGNOLLI, 2004).

Os egípcios foram, também, os primeiros construtores de fornos destinados ao assamento de vários pães em uma única fornada. Pães feitos de trigo eram destinados aos ricos, para os menos afortunados pães de cevada, e aos miseráveis pães produzidos com

sorgo.

Apesar do fermento ser utilizado há muito tempo, somente em meados de 1800 foi identificado como um microrganismo que transforma carboidrato em álcool e gás carbônico.



Figura 1: A origem do pão remonta ao antigo Egito.

Fonte: ESTELLER, 2004.

1.2 Processo de Fabricação

A mecanização da indústria de panificação é fundamental do ponto de vista econômico e técnico, resultando no aumento da capacidade de produção e redução de tempo de processamento, contribuindo para uma operação mais eficiente, econômica e higiênica, além de permitir melhor controle e manutenção da mesma, melhorando conseqüentemente a qualidade do produto final (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1983) .

As principais etapas de processamento do pão estão representadas na Figura 2.

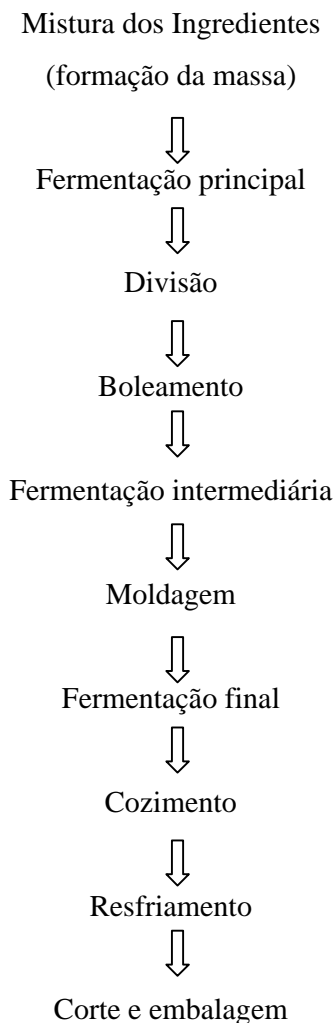


Figura 2: Fluxograma do processo de panificação.

Fonte: PIZZINATO; MAGNO; CAMPAGNOLLI, 2004.

1.2.1 Etapas do Processo

Segundo Owens (2001) as principais etapas do processamento de pães são:

- Mistura dos ingredientes

A mistura tem a finalidade de homogeneizar os ingredientes, aerar e assegurar um trabalho mecânico sobre a massa, iniciando o desenvolvimento do glúten formado pela hidratação das proteínas da farinha até a obtenção de uma massa com propriedades viscoelásticas adequadas.

A temperatura adequada da massa, ao final desta etapa, é entre 26-28°C, pois inibe a

fermentação e, conseqüentemente, a produção excessiva de gases. Esta temperatura é controlada pela temperatura da água adicionada na massa.

- Fermentação principal

É uma fermentação alcoólica e anaeróbica produzida pela ação do fermento biológico (leveduras) sobre os açúcares presentes na massa. Seu papel é produzir gás carbônico e modificações físico-químicas, que interferem nas propriedades plásticas da massa, participando da formação do sabor e aroma do pão, além de contribuir para a sua boa conservação.

- Divisão

Esta operação tem por finalidade a obtenção de pedaços de massa de peso apropriado aos pães que devem ser fabricados. A precisão e a uniformidade desta operação são importantes uma vez que o excesso representa perda econômica.

- Boleamento

O boleamento é normalmente uma fase intermediária que tem por objetivo auxiliar a formação de uma superfície contínua, eliminando a pegajosidade da massa e, ao mesmo tempo, dando-lhe uma forma regular, ou seja, a de uma bola homogênea. Desta forma, o manuseio durante o processamento posterior é facilitado. Esta operação pode ser manual ou mecânica.

- Fermentação secundária

Etapa que antecede a moldagem, tendo por finalidade recuperar parte da extensibilidade perdida durante a divisão e o boleamento. Nesta fase, os pedaços boleados de massa são enviados para a câmara de fermentação onde ficam em repouso por 5-20 minutos. A temperatura ótima nesta fermentação varia de 26-30°C e a umidade relativa de 75-80%. As temperaturas inferiores a ótima retardam o processo de fermentação, enquanto as superiores irão reduzir a capacidade de retenção de gases. Baixa umidade relativa na câmara de descanso causa a secagem da massa e a formação de crosta, enquanto umidades muito altas tornam a massa pegajosa e de difícil manuseio.

- Moldagem

A fase de moldagem tem o objetivo melhorar a textura e a estrutura da célula do pão,

assim como dar forma apropriada ao produto. Os moldadores, também conhecidos como modeladores, são projetados com a finalidade de desgaseificar, achatar, enrolar e selar a massa.

- Fermentação final

A fermentação final, assim como a intermediária, é realizada em câmaras com condições adequadas de temperatura e umidade relativa e, usualmente, leva cerca de 40 a 120 minutos dependendo do tipo de pão, formulação e qualidade de farinha. Como os pedaços de massa perdem gases na fase de moldagem, é essencial permitir um descanso final da mesma com a finalidade de readquirir um volume adequado influenciando diretamente a qualidade de textura e das células do miolo do produto final.

- Cozimento

O objetivo principal desta fase é o tratamento térmico do amido e da proteína, juntamente com a inativação das enzimas e do fermento, permitindo a formação da crosta, desenvolvimento de aroma e sabor.

No início desta etapa observa-se uma forte evaporação externa da massa, o desenvolvimento da mesma e a expansão de gás carbônico até uma temperatura de 50-60°C. À medida que a temperatura aumenta, inicia-se a partir de 70 °C a gelatinização do amido, assim como a coagulação do glúten. O fim desta etapa ocorre quando a evaporação da massa diminui e sua temperatura aumenta, ocorrendo a formação da cor da crosta e o *flavor* do pão (reação de Maillard).

As condições mais comuns para o cozimento de pães são às temperaturas de 200 a 230 °C por tempos variáveis, de acordo com o tipo e o tamanho do pão confeccionado.

- Resfriamento

Os pães, ao saírem do forno, estão excessivamente quentes e devem ser resfriados à temperatura ambiente antes de serem submetidos ao corte e posterior embalagem. O corte do pão quente pode causar deformação enquanto a embalagem do mesmo ainda morno resulta em condensação de umidade com conseqüente crescimento de fungos e outras deteriorações.

- Corte e embalagem

Muitos tipos de pães são vendidos diretamente ao consumidor, sem cortes e sem

embalagens especiais. O corte em fatias é geralmente utilizado para pão de forma e é feito por lâminas ou correias cortantes. Vários tipos de materiais para embalagem podem ser utilizados, sendo os mais comuns e mais vendidos de polipropileno e polietileno.

1.3 Influência dos Principais Ingredientes na Qualidade do Pão

A qualidade dos ingredientes influencia diretamente na qualidade dos produtos industrializados. Por isso, a utilização de matéria-prima inadequada – fora dos padrões físico-químicos ou microbiológicos – pode acarretar falta de uniformidade do produto, reduzir sua qualidade, com conseqüente surgimento de problemas relacionados à sua aceitação no mercado.

A seguir são caracterizados, os principais ingredientes utilizados no processamento de pães.

1.3.1 Farinha de Trigo

Segundo Owens (2001), farinha de trigo é o produto obtido a partir da espécie *Triticum seativan*, ou de outras espécies do gênero *Triticum*, reconhecidas através do processo de moagem do grão de trigo beneficiado. Das proteínas totais do trigo 15 % corresponde a globulinas e albuminas (não formadoras de glúten) e 85 % à gliadina (alta extensibilidade e baixa elasticidade) e à glutenina (baixa extensibilidade e alta elasticidade), que são formadoras de glúten, sendo que a quantidade de proteínas totais no grão situa-se entre 8 a 21 %. O entrelaçamento das proteínas, obtido da mistura com água e batimento da massa, resulta em uma rede elástica, responsável pela retenção dos gases formados durante o processo de fermentação da massa e vapor de água durante o processo de cocção, que dará o volume final do pão e textura característica.

O amido é abundante no trigo, 57 % do grão, sendo formado por dois componentes: amilose e amilopectina que, quando colocado em água e aquecido a temperaturas acima de 60 °C, sofre gelatinização (formação de pasta transparente e viscosa). Quando resfriado, moléculas de amilose se agrupam através de pontes de hidrogênio, levando à formação de microcristais, também conhecido como retrogradação. Os lípideos no trigo variam de 2 a 3,5% (gérmen 6-11%; casca 3 a 5 %; endosperma 1 a 1,5 %) em maior ou menor grau na farinha de trigo dependendo do grau de extração (PIZZINATO; MAGNO; CAMPAGNOLLI, 2004).

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

1.3.2 Água

A água é o principal solvente da massa (formação do glúten e hidratação do amido), carreando consigo muitos sais minerais - carbonatos, cloretos, nitratos, sulfatos - que desempenham importante papel na ação das leveduras, influenciadas também pelo pH (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1983).

1.3.3 Fermento biológico

Fermento biológico é o produto obtido de culturas puras de leveduras, por procedimento tecnológico adequado, e empregado para dar sabor próprio e aumentar o volume e a porosidade dos produtos forneados. A levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) atua, de forma isolada ou associada a outros microrganismos, como agente de crescimento e sabor. Ela é utilizada há milhares de anos e não se conhece, ainda, outros meios que possa substituí-la, quer seja na forma granular, comprimida ou seca ativa (PYLER, 1988).

1.3.4 Açúcares

O açúcar mais utilizado é a sacarose, obtida de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), ou beterraba açucareira (*Beta alba, L.*), por processos industriais adequados. O produto é designado "açúcar", seguido da denominação correspondente às suas características. Ex: "açúcar cristal", "açúcar mascavo". Açúcar demerara é uma mistura de cristais de sacarose e melaço. Açúcar invertido é obtido de soluções de sacarose tratadas com enzimas ou ácidos em temperaturas adequadas, resultando em misturas de glicose e frutose. Dextrose é obtida pela hidrólise enzimática de amido de milho, podendo ser convertido em dextrose anidra (cristal) ou soluções com diferentes D.E. (dextrose equivalente). Malte, na forma de xarope ou pó, é obtido da germinação controlada de trigo ou cevada. Os açúcares têm a função de melhorar a cor da crosta, sabor e aroma do pão, além de contribuir para a textura e aumentar a retenção de umidade e maciez (PYLER, 1988).

1.3.5 Sal

Entende-se como sal o cloreto de sódio cristalizado extraído de fontes naturais, sob a forma de cristais brancos, com granulação uniforme, própria à respectiva classificação, devendo ser inodoro e ter sabor salino-salgado próprio. Além do sabor conferido à massa (1 a 2% sobre a farinha), o sal é um ingrediente valioso no fortalecimento da rede de glúten, controlador da fermentação, atividade de água e conservação final do pão (vida de prateleira) (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1983).

1.3.6 Gorduras

Gorduras atuam como principal lubrificante da massa, enriquecimento calórico e melhorador de sabor e cor. A gordura apresenta-se na forma de óleos vegetais (soja, milho, amendoim, etc.) e animais (manteiga, banha), hidrogenados, com ou sem emulsificantes, em variados pontos de fusão e plasticidade. Em massas para pão é usada em concentração média de 3% sobre a farinha (PYLER, 1988).

1.3.7 Fibras

Fibras são compostos químicos que possuem propriedades diferentes entre si e, por isso, são classificadas como fibras solúveis e insolúveis. As fibras solúveis agem, principalmente, no estômago e no intestino delgado, proporcionando digestão mais lenta e eficaz. As insolúveis atuam no intestino grosso (cólon) absorvendo água e, assim, aumentam o bolo fecal de tamanho, deixando as fezes mais amolecidas para a evacuação. Essa massa de fezes pressiona a parede do intestino, estimulando-o a trabalhar mais para evacuar, evitando a prisão de ventre (FREIMULLER, 2003).

As fibras também diminuem a absorção de colesterol pelo tubo digestivo, prevenindo doenças cardiovasculares. Além disso, elas diluem as substâncias tóxicas e carcinogênicas, ou seja, os resíduos da fermentação das bactérias do intestino que podem causar câncer, diminuindo o tempo de exposição das células intestinais e ajudando a prevenir o câncer de cólon. As fibras participam no tratamento de uma doença intestinal chamada diverticulite, pois facilitam o trânsito intestinal e ajudam a limpar resíduos alimentares (denominados saburra) da boca, eliminando o mau hálito. Elas atuam retardando e mantendo constante a liberação da glicose na digestão, controlando os níveis de glicose no sangue e evitando o

surgimento de fissuras anais e infecções gastrintestinais (PEREIRA, 2004).

Vários tipos de fibras podem ser acrescentados aos produtos panificados, na forma de farinhas integrais de sementes (trigo, aveia, centeio, milho, soja, cevada, girassol, linhaça, arroz, sorgo) ou fibras isoladas de frutas e outros vegetais (maçã, pera, uva). Além do aspecto nutricional, as fibras apresentam, em sua maioria, custo baixo e são facilmente encontradas comercialmente. Os pães de centeio, integral e de baixa caloria fazem parte, a muito tempo, da dieta (POMERANZ, 1987).

1.3.8 Enzimas

As enzimas são proteínas biologicamente ativas sintetizadas no interior das células e que desempenham importante papel no processamento e deterioração dos alimentos. Têm uma estrutura química muito especial, contém um centro ativo denominado de apoenzima e, algumas vezes, um grupo não protéico chamado coenzima, o conjunto dessas duas partes é chamado de holoenzima (LÓPEZ; CANOVAS, 2003).

As enzimas, na panificação, são usadas com o objetivo de melhorar as características reológicas da massa, afetando o resultado final do pão em relação ao volume, sabor, aroma, estrutura da casca e do miolo, maciez e vida-de-prateleira.

1.3.9 Outros aditivos

À massa de pão podem ser acrescentadas inúmeras substâncias alimentícias que, se bem dosadas, vão enriquecer o valor nutricional, melhorar o sabor e diversidade de cada produto: glúten, leite e derivados, ovos, frutas secas, verduras e frios picados, coco ralado, etc (PYLER, 1988).

1.4 Envelhecimento de Pães

O processo de envelhecimento de pães (retrogradação) vem sendo pesquisado há mais de 150 anos através de diferentes técnicas experimentais. Vários ingredientes, maquinários e processos industriais são utilizados, em pães assados, para minimizar perdas resultantes do endurecimento, esfarelamento e alterações de sabor com o passar do tempo (SILVA, 1986).

Há concordância entre os autores que o envelhecimento do pão é um processo complexo e ainda não entendido completamente. Muitos modelos têm sido propostos para

esse fenômeno. A retrogradação do amido (amilose e amilopectina) da farinha (LEE; SWANSON; BAIK, 2001; MARTIN; ZELEZNAK; HOSENEY, 1991) é insuficiente para explicar as alterações de paladar e textura ocorridas em produtos panificados logo após a cocção e durante o armazenamento (aumento da dureza, amolecimento da crosta, esfarelamento do miolo e ressecamento da massa) (D'APPOLONIA, 1984; HOSENEY; HE, 1990).

Em função do crescente interesse por produtos que retardem o envelhecimento de pães, novas preparações enzimáticas têm sido desenvolvidas, visando à obtenção de melhor performance, menos efeitos indesejáveis e propriedades físico-químicas mais adequadas às condições do processo de panificação e aos efeitos específicos desejados no produto final (KNIGHT; MAZZIERO, 2000).

1.5 Influência da Adição de Enzimas em Pães

De acordo com Owens (2001), a textura dos pães muda na medida em que ele fica velho. Enquanto o pão fresco é macio, úmido e flexível, pão velho é firme, seco e farelento. Esta mudança na textura é causada pelas mudanças na estrutura do amido do miolo do pão e pode ser retardada pela adição de enzimas.

Grânulos de amido intactos são estruturas semi-cristalinas que não podem ser modificadas por enzimas. O espaço entre as moléculas de amido é reduzido demais para que possibilite a penetração delas. No entanto, a 55-62°C os grânulos de amido combinados com água se transformam, num processo chamado gelatinização. Os grânulos começam a inchar, e as moléculas de amido se desdobram ficando macias e elásticas. Quando elas estão gelatinizadas, as moléculas de amido podem ser modificadas pelas enzimas. Assim que o pão começa a esfriar, as moléculas de amido iniciam a se converter ao seu estado semi-cristalino. Essa conversão (ou retrogradação) acredita-se que seja a razão primordial para as mudanças de textura no pão envelhecido. O processo de envelhecimento de pães pode ser retardado por ingredientes que modifiquem o processo de retrogradação. Por mais de 50 anos, emulsificantes têm sido os ingredientes mais utilizados para prevenir o envelhecimento e são ainda parte de quase todas as formulações para aumentar a vida de prateleira de pães. No entanto, emulsificantes atuam formando complexos com a amilose, que constitui somente 25 % do amido no pão, e seus impactos são por isso limitados (NOVOZYMES, 2006).

Segundo Bowles (1996), as enzimas mais estudadas quanto às suas aplicações em pães são as amilases. As amilases fúngicas são desativadas a altas temperaturas requeridas para a

gelatinização e, portanto, são menos ou nunca utilizadas. Já as α -amilases termoestáveis, de origem bacteriana, alcançam sua atividade ótima a altas temperaturas, mas permanecem ativas durante o processo de resfriamento. Além disso, estas enzimas têm um padrão de ação muito agressivo na amilopectina, que constitui 75% do amido. Apenas uma pequena sobredose pode, portanto, resultar em pão excessivamente macio e pegajoso.

Estudos mostram que, atualmente, as enzimas são muito usadas na panificação por serem capazes de preservar o frescor e a cor do miolo do pão, aperfeiçoar propriedades de elasticidade, extensibilidade e tolerância da massa, aumentar o volume do pão e, desta forma, aumentar a vida de prateleira sem comprometer a qualidade do produto final.

Recentemente, há avanços de maneira substancial no entendimento da função específica das enzimas existentes no processo de panificação. Este entendimento teve como resultado o desenvolvimento de novas enzimas para panificação em forma pura ou misturas completas de enzimas com outros ingredientes funcionais (melhoradores de pão), que devem adaptar-se aos diversos mercados em relação com o tipo de pão que se deseja produzir (VAN DAM; HILLE, 1992).

Segundo Van Dam e Hille (1992), as enzimas para panificação contidas nos melhoradores de pão são preparados específicos, capazes de produzir os efeitos tecnológicos desejados na panificação, modificando os ingredientes da massa, como o amido, as proteínas, a hemicelulose, os açúcares, etc. Visto que as enzimas são consideradas geralmente como auxiliares de processamento, não é necessário declarar sua presença, como no caso de outros ingredientes funcionais, tais como os emulsificantes e os oxidantes. Têm sido testados como componentes melhoradores enzimas como transglutaminases, amilases, xilanases, proteases, hemicelulases, bem como ácido ascórbico, emulsificantes, hidrocolóides, sal, açúcar ou farinha.

Amilases são enzimas que catalisam a hidrólise do amido e seus derivados, pertencendo à classe das hidrolases. As enzimas amilolíticas são amplamente distribuídas na natureza, ocorrendo em vários tecidos animais, plantas superiores, fungos, leveduras e bactérias, sendo de particular interesse em panificação as α -amilases e β -amilases (PYLER, 1988). Segundo o autor, as α -amilases produzem um efeito um pouco mais complexo sobre as moléculas de amido que as β -amilases. Elas atuam pela clivagem de suas longas cadeias, internamente e ao acaso, rompendo apenas as ligações glicosídicas α -(1,4), o que resulta na formação de cadeias mais curtas, as dextrinas e, conseqüentemente, na redução de viscosidade.

As principais razões para a suplementação de farinhas com α -amilases foram citadas

por Bowles (1996) e Pyler (1988), conforme relacionado abaixo:

- *Aumento do nível de açúcares fermentáveis presentes na massa:* o nível de açúcares fermentáveis geralmente presentes na farinha, em torno de 0,5%, é insuficiente para um ótimo crescimento das leveduras e para produção adequada de gás; as amilases exógenas atuam sobre o amido danificado, compensando esta deficiência;
- *Melhoramento da coloração da casca:* os açúcares redutores produzidos pelas amilases reagem com proteínas e peptídeos presentes na massa (Reação de Maillard), originando compostos que contribuem para o escurecimento da casca;
- *Aroma do pão:* é realçado tanto pelos açúcares simples produzidos pela ação das amilases, quanto pelos produtos da Reação de Maillard;
- *Capacidade de retenção de gás na massa:* é melhorada pelas modificações do amido através das amilases;
- *Capacidade de retenção de umidade no miolo:* é melhorada, também, pelas modificações do amido, por intermédio das amilases;
- *Envelhecimento do pão:* é retardado pela hidrólise limitada do amido pelas α -amilases termoestáveis.

Os efeitos da adição de diferentes preparações comerciais de α -amilases fúngicas nas características de pães foi também estudada por Sahlström e Bräthen (1997), segundo os quais a incorporação da enzima reduziu a dependência do volume dos pães em relação ao tempo de mistura e descanso, embora não tenham sido observados aumentos significativos de volume. Todas as preparações enzimáticas testadas resultaram em pães com cascas significativamente mais escuras, em relação aos pães sem adição de enzimas.

Van der Maarel *et al.* (2002), as amilases podem ser adicionadas à massa para degradar a maioria do amido presente na farinha em pequenas partículas de dextrinas, as quais subsequentemente serão fermentadas pelo fermento. A adição de α -amilases fúngicas na massa resulta num aumento de volume e improvisa a textura de produtos de panificação. Porém, uma superdose desta enzima pode aumentar a pegajosidade do produto, devido à produção de ramificações de maltodextrinas.

Moss (1989) realizou um estudo de adição de preparações fúngicas comerciais, com diferentes proporções amilase-protease, em pães integrais; todas as preparações aumentaram o volume e a maciez dos pães em relação ao controle, independente do balanço entre amilase e protease; a adição de protease isoladamente foi menos efetiva que os “blends” com amilase na melhora das características dos pães.

Em razão dos benefícios nutricionais da presença de fibras dietéticas nos alimentos, tem aumentado a demanda de ingredientes alimentícios com alto teor de fibras. No caso dos pães, porém, a adição de altos teores de fibras geralmente resulta em produtos com aparência pobre, volumes reduzidos, textura desagradável, sabor amargo e coloração excessivamente escura. O tratamento de ingredientes à base de fibras, como o farelo de trigo, com α -amilases termoestáveis, antes da incorporação destes à massa, elimina frações não fibrosas, o que permite, além do aumento do teor de fibra, a obtenção de pães com melhores características (maior volume e maciez, melhor textura e coloração). O tratamento enzimático apresenta maior eficiência sobre a melhora das características dos pães, do que tratamentos químicos com ácidos, bases ou etanol (RASCO *et al.*, 1991).

A transglutaminase é uma enzima presente naturalmente na maioria dos tecidos animais e fluidos corporais, tem um papel importante na formação da coagulação sanguínea. Foi identificada por Heinrich Waelsch há mais de 40 anos como uma enzima com a função de incorporar aminas em proteínas no fígado (LORAND, 2002). Catalisa uma reação de transferência de grupos acila entre grupos γ -carboxiamida dos peptídios ligados aos resíduos de glutamina (doador de acila) e os grupos aminos primários em uma variedade de compostos amino (receptor de acila), incluindo os peptídios ligados aos grupos ϵ -amino dos resíduos de lisina (FOLK; FINLAYSON, 1977; MOTOKI; SEGURO, 1998). Quando os grupos ϵ -amino dos resíduos de lisina nas proteínas atuam como receptores de grupos acila, ligações ϵ -(γ -glutamina)lisina são formadas tanto intra- como inter-molecularmente. Se não existe amina primária no sistema de reação, a água se torna o receptor de grupos acila, e os grupos γ -carboxiamida dos resíduos de glutamina são desaminados, tornando-se resíduos de ácido glutâmico (ANDO *et al.*, 1989).

Esta enzima pode modificar as proteínas por meio de incorporação de aminas, ligações cruzadas e desaminação (MOTOKI; SEGURO, 1998). Essas reações levam a mudanças nas propriedades funcionais de proteínas vegetais e animais e conferem a possibilidade da formação de produtos com melhores propriedades reológicas e sensoriais (NIELSEN, 1995).

A incorporação de ligações intra ou inter-moleculares em alimentos protéicos parece ser viável para o melhoramento das propriedades físicas e de textura de muitos produtos. Existem procedimentos químicos e enzimáticos para introduzir ligações cruzadas covalentes em proteínas. Devido à origem natural da enzima e sua alta especificidade pelo substrato, o procedimento enzimático é mais aceitável por autoridades regulatórias e pelo consumidor (NONAKA *et al.*, 1989).

A segurança da ingestão da molécula ϵ -(γ -glutamina)lisina formada pela reação catalisada pela transglutaminase é baseada na ingestão dessa molécula em alimentos cozidos. Uma vez que a transglutaminase está presente na maioria dos tecidos e órgãos de vegetais e animais, o aumento da temperatura durante o cozimento ou processamento dos alimentos é freqüentemente lento, onde as transglutaminases endógenas podem exercer sua atividade enzimática por algum tempo (MOTOKI; SEGURO, 1998).

Estudos sobre o efeito da transglutaminase em proteínas alimentares são destacados. A estabilidade térmica de proteínas miofibrilares aumenta com a adição da transglutaminase (AKTAS; KILIC, 2005), assim como a capacidade de gelificação e a força do gel de surimi são melhoradas pelo tratamento enzimático (DONDERO *et al.*, 2006). A transglutaminase adicionada em farinha de trigo permite a formação de pães com maior volume, consistência e menor acidez (COLLAR; BOLLAÍN; ANGIOLONI, 2005). O tratamento enzimático do leite afeta sua estabilidade térmica (O'SULLIVAN; KELLY; FOX, 2002) e o iogurte produzido com o leite pré-tratado com transglutaminase apresenta menor sinerese e maior força do gel (LORENZEN *et al.*, 2002). Portanto, muitas aplicações são propostas para a transglutaminase e como ingrediente no processamento de alimentos, devido à sua utilização ser considerada um meio seguro de modificação de proteínas e por conferir características únicas aos alimentos.

Baixos níveis de transglutaminase têm melhorado as características do miolo do pão de trigo e da crosta (BASMAN; KOKSEL; NG, 2002). A ação da transglutaminase também transforma o glúten do trigo em um glúten forte através de seus efeitos em procedimentos reológicos (LARRE *et al.*, 2000). A transglutaminase melhora a elasticidade da massa (LOSCHÉ, 1995) e seus efeitos benéficos em panificação são similares aos produzidos com oxidação improvisada (GERRARD *et al.*, 1998).

A xilanase hidrolisa arabinosilanas internamente no grão do cereal, o que tem um profundo impacto na sua funcionalidade. Esta enzima é capaz de melhorar as propriedades reológicas da massa durante a panificação e facilitar seu processamento, diminuindo a retenção de gás e retardando a retrogradação do amido, além de promover aumento no volume do pão (BIELY, 1985). Na separação industrial do amido e do glúten do trigo, a arabinosilana interfere com eficiência na coagulação do glúten (WEEGELS; MARSEILLE; HAMER, 1992; FREDERIX; COURTIN; DELCOUR, 2003).

As xilanases têm sido largamente utilizadas na panificação. Em dosagens adequadas, pode melhorar a maquinabilidade e estabilidade da massa, volume do pão, estrutura do miolo e vida útil do pão (HAMMES; WOOD, 1995; POUTANEM, 1997).

No estudo realizado por Romanowska, Polak e Bielecki (2006), um preparado de

xilanase foi aplicado em panificação e apresentou efeito positivo em relação ao volume específico, porosidade do miolo e umidade do produto final.

De acordo com Courtin e Delcour (2002), apesar de ser defendido que o pão com adição da enzima xilanase tem maior vida-de-prateleira, não existe tendências claras encontradas na literatura. Segundo os autores, resultados indicam que o uso de xilanases pode reduzir inicialmente o endurecimento do miolo, mas não afeta na vida de prateleira.

Sahlström e Bräthen (1997) estudaram a aplicação de quatro preparações de amilase em pães. Todas as quatro causaram escurecimento significativo na crosta, e uma tendência no aumento do volume do pão foi observada.

Giménez *et al.* (2005) desenvolveram um estudo na Espanha e no Uruguai, onde quatro baterias de pães foram produzidas independentemente com a mesma formulação base, um sem adição de enzima, um com adição de amilase, um com adição de xilanase e o último com a mistura das duas. Para consumidores uruguaios, a mistura das enzimas produziu melhores resultados em relação à vida-de-prateleira do pão. Para consumidores espanhóis, apenas a adição de amilase trouxe melhores resultados e, para consumidores dos dois países, o uso de xilanase não aumentou a vida-de-prateleira do pão.

Katina *et al.* (2006) estudaram o efeito da massa azeda e da associação enzimática de amilase, xilanase e lipase no volume específico, envelhecimento e microestrutura do pão suplementado com farelo. A combinação da massa azeda com a mistura de enzimas melhorou significativamente o volume, textura e vida de prateleira do pão. As enzimas foram responsáveis por aumentar o volume e reduzir a cristalização do amido durante o armazenamento.

Segundo Motoki e Seguro (1998), a transglutaminase tem grande potencial de aplicação em processos alimentícios e em outras áreas. Ele sugere que o volume de muitos pães pode ser aumentado ou mantido com a adição de transglutaminase.

No estudo de Gujral e Rosell (2004), a farinha de arroz foi tratada com diferentes concentrações de transglutaminase, o que acabou aperfeiçoando as propriedades reológicas da massa. Com o aumento da concentração de transglutaminase, aumentou a viscosidade e elasticidade da massa. O melhoramento das proteínas funcionais tornou-se evidente na panificação, uma vez que foi possível obter pão de arroz com maior volume específico e miolo mais macio.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Foram utilizados nas formulações: farinha de trigo especial (marca Orquídea, Tondo S/A – Bento Gonçalves - RS), farinha de trigo integral (marca Mais Vita, Yoki Alimentos S/A - Nova Prata - RS) e farinha de centeio (marca Geração Saúde, Naturato Ind. E Com. De Alimentos LTDA – Porto Alegre – RS), adquiridas em um único lote; fermento biológico seco (marca Fleischmann, AB Brasil Ind. E Com. De Alimentos LTDA – Pederneiras – SP), sal refinado de mesa; açúcar refinado; óleo vegetal de soja (marca Soya, Bunge Alimentos S/A – Gaspar – SC); enzimas α -amilase fúngica (Fungamyl 2500 SG) e xilanase (Pentopan Mono BG) da Novozymes (Dinamarca), e transglutaminase (ACTIVA STG-M) da Ajinomoto (Japão).

2.2 Formulações

A partir de uma formulação básica de pão branco de forma e uma de pão integral, foram preparadas outras 17 formulações seguindo um planejamento experimental 2^3 onde as variáveis independentes são as concentrações das enzimas transglutaminase, amilase e xilanase. Todas as formulações foram comparadas com a formulação padrão, sem suplementação de enzimas. A Tabela 1 apresenta a relação de ingredientes utilizados nas amostras padrão e seus respectivos percentuais em base de farinha. É importante salientar que, desta forma, o percentual total não perfaz 100%.

Tabela 1: Formulações básicas utilizadas no teste experimental

Ingredientes	Pão branco		Pão integral	
	(g)	(%)	(g)	(%)
Farinha de trigo integral	-	-	206	71
Farinha de centeio	-	-	84	29
Farinha de trigo especial	290	100	-	-
Água	135	46	155	53
Açúcar	21	7	21	7
Óleo	13	4	13	4
Fermento biológico	8	3	8	3
Sal	8	3	8	3

Os níveis das variáveis têm seus valores mostrados na Tabela 2. As concentrações utilizadas foram baseadas em recomendações dos fornecedores e pesquisas já realizadas. Concentrações maiores que estas foram testadas, porém apresentaram sabor residual intenso, o que interferiria no resultado da análise sensorial.

Tabela 2: Variáveis independentes e níveis de variações.

Variáveis (%)	Níveis				
	-1,68	-1	0	1	1,68
Transglutaminase	0	0,006	0,015	0,024	0,03
a -Amilase	0	0,01	0,025	0,04	0,05
Xilanase	0	0,10	0,25	0,40	0,50

Os valores codificados e reais das variáveis utilizadas no delineamento estatístico dos ensaios são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: Delineamento experimental para as três variáveis independentes (concentração de transglutaminase, amilase e xilanase).

Experimento	TGM	Amilase	Xilanase	TGM	Amilase	Xilanase
	(x1)	(x2)	(x3)	(%)	(%)	(%)
1	-1	-1	-1	0,1	0,006	0,01
2	1	-1	-1	0,4	0,006	0,01
3	-1	1	-1	0,1	0,024	0,01
4	1	1	-1	0,4	0,024	0,01
5	-1	-1	1	0,1	0,006	0,04
6	1	-1	1	0,4	0,006	0,04
7	-1	1	1	0,1	0,024	0,04
8	1	1	1	0,4	0,024	0,04
9	0	0	0	0,25	0,015	0,025
10	0	0	0	0,25	0,015	0,025
11	0	0	0	0,25	0,015	0,025
12	-1,68	0	0	0	0,015	0,025
13	1,68	0	0	0,5	0,015	0,025
14	0	-1,68	0	0,25	0	0,025
15	0	1,68	0	0,25	0,03	0,025
16	0	0	-1,68	0,25	0,015	0
17	0	0	1,68	0,25	0,015	0,05

2.3 Preparo das amostras

O preparo da massa foi realizado de acordo com o método nº 10-80B da AACC (2000), com adaptações, onde todos os ingredientes foram misturados de uma só vez, em batedeira planetária, por 5 minutos, e os pães assados em forno elétrico convencional 400 W / 220 V, a 250 °C por, aproximadamente, 30 min.

2.4 Análises para Controle de Qualidade das Farinhas

Todas as análises para o controle de qualidade das farinhas foram realizadas no Moinho Estrela, em Porto Alegre. A farinha de trigo especial foi submetida às análises descritas abaixo, e a combinação de farinha de trigo integral e farinha de centeio foi submetida apenas às análises de umidade e cinzas, uma vez que o moinho não dispunha de equipamentos necessários para a análise de farinhas integrais.

a) *Determinação de Umidade*

A umidade é considerada como um fator determinante na conservação da farinha. Ela não deve exceder 15 % e foi realizada em estufa com circulação forçada de ar, método 44-15A da *American Association of Cereal Chemist* (AACC, 2000).

b) *Determinação de Cinzas*

A extração da farinha é o fator determinante na quantidade de cinzas da mesma. A legislação vigente estipula teores máximos de 0,45 e 1,00 %, com base na matéria seca, respectivamente, para as farinhas especial e comum.

A determinação foi realizada em mufla a 550 °C de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985).

c) *Teor de Glúten*

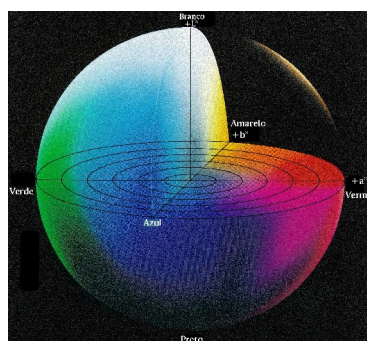
A habilidade da farinha de trigo de formar uma massa viscoelástica, requerida para a produção do pão, depende amplamente das propriedades físico-químicas peculiares de suas proteínas, particularmente das proteínas do glúten. Quanto maior o teor de glúten, mais forte é a farinha.

Os teores de glúten úmido e glúten seco foram determinados no aparelho Glutomatic através do método 38-12 da *American Association of Cereal Chemist* (AACC, 2000).

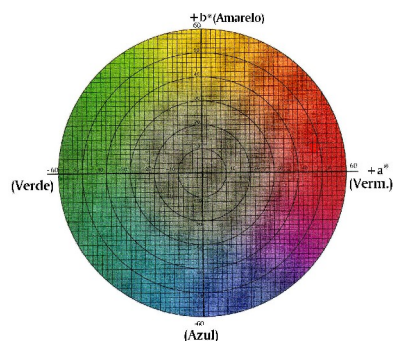
d) *Cor*

Foi determinada em colorímetro Minolta com iluminante C (luz do dia) e ângulo de 2°, sendo feita 3 leituras na amostra. Os resultados apresentados, utilizando o sistema CIELAB, são as médias dos valores de: L^* , a^* , b^* (medidos) e ΔE^* (calculada).

O sistema de cor no espaço $L^*a^*b^*$ ou CIELAB foi definido pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação) em 1976. Neste sistema, L^* indica luminosidade e a^* e b^* são coordenadas de cromaticidade. A Figura 3A é a representação da cor sólida para a cor no espaço $L^*a^*b^*$. A Figura 3B é uma vista deste sólido cortado horizontalmente até um valor constante de L^* . Mostra o diagrama de cromaticidade a^* , b^* , que indicam direções de cor: $+a^*$ está na direção do vermelho, $-a^*$ está na direção do verde, $+b^*$ está na direção do amarelo e $-b^*$ está na direção do azul. O centro é acromático; à medida que os valores de a^* e b^* aumentam e o ponto move-se para fora partindo do centro, a saturação da cor aumenta (MINOLTA, 1994).



A



B

Figura 3. Representação de cor pelo sistema CIELAB.

A- Representação da cor sólida para cor no espaço $L^*a^*b^*$.

B- Diagrama de cromaticidade a^* e b^* .

FONTE: Adaptado de MINOLTA, 1994

A diferença de cor (ΔE^*) foi calculada pela fórmula:

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

onde: ΔL^* , Δa^* e Δb^* representam a diferença nos valores de L^* , a^* e b^* , respectivamente, entre amostra e padrão. O padrão usado neste trabalho foram as leituras da farinha padrão, sem adição de enzimas.

e) *Farinografia: Estabilidade, Absorção de Água e Índice de tolerância à mistura*

Segundo o método 54-21 da *American Association of Cereal Chemist* (AACC, 2000), o Farinógrafo de Brabender é empregado para medir as características e aptidões das farinhas no amassamento.

Com o farinograma é possível detectar a tempo desvios nas variáveis chave, permitindo correções de modo a obter farinhas que cumpram com as especificações particulares de cada cliente. A mais importante destas variáveis é a estabilidade (medida em minutos), e indica a tolerância à fermentação que possui uma farinha quando esta se umidifica e amassa. Através deste procedimento pode se determinar não só o nível de absorção de água (em ml / 100 g) que exibem as farinhas e o comportamento das massas elaboradas a partir delas, mas também o índice de tolerância à mistura (em unidades farinográficas) apresentadas pelas pastas ao serem amassadas a uma velocidade constante no farinógrafo.

f) *Alveografia: Elasticidade e Extensibilidade*

As características viscoelásticas das amostras de farinha de trigo foram determinadas no alveógrafo Chopin, modelo NG (Villeneuve-la- Garenne Cedex, França) utilizando o método 54-30A da *American Association of Cereal Chemist* (AACC, 2000). Foi realizada pesagem de 250 g de farinha e volume de 129,4 ml de água, corrigido na base de 14% de umidade.

O principal objetivo da avaliação alveográfica é medir as propriedades reológicas da massa, ou melhor, a capacidade de tolerar o esticamento durante o processo de amassado.

Durante esta análise, uma parte de pasta é amassada com ar pressurizado, simulando a deformação que esta sofre como consequência dos gases que são gerados durante o processo de fermentação. Os resultados deste teste se reduzem a 5 parâmetros:

- Elasticidade (P) ou resistência ao estiramento: representada na altura máxima da curva graficada no alveograma (mede a sobrepressão máxima exercida na expansão da massa (mm))
- Extensibilidade (L): representada na longitude da curva graficada no alveograma (mm).
- Energia de deformação da massa (W): representada na área sob a curva graficada no alveograma (corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura, expressa em 10⁻⁴ J)
- Ratio tenacidade / extensibilidade (P/L): indica se a massa é equilibrada.

Na Figura 4 está representado o alveograma obtido com o Alveógrafo Chopin, modelo NG e seus principais parâmetros.

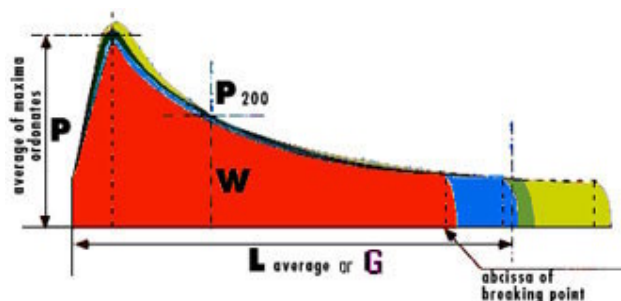


Figura 4. Alveograma obtido com o Alveógrafo NG Chopin

2.5 Análise Sensorial

Na análise sensorial das amostras foi utilizado o Método de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), adaptado da metodologia descrita por Stone e Sidel (1985). Segundo Dutcosky (1996), o ADQ é um método descritivo quantitativo e utiliza escalas não estruturadas de 9 cm, ancoradas um pouco aquém dos extremos com termos que indicam a intensidade do atributo que está sendo avaliado. De acordo com Silva (2004), este método é um dos mais utilizados na indústria de alimentos e é muito útil para o desenvolvimento de novos produtos, para o diagnóstico de problemas e para garantia e melhoria da qualidade. Ele é capaz de verificar se mudanças no processamento ou mudanças de um dado ingrediente alteram o perfil sensorial do produto.

Foi realizado um recrutamento, pré-seleção da equipe e treinamento, onde 13 pessoas foram treinadas para fazer parte do painel sensorial.

- Recrutamento da equipe sensorial

Foram recrutados cerca de 20 provadores entre 18 e 60 anos, dentre eles alunos, funcionários e professores do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que demonstraram possuir disponibilidade e interesse em participar dos testes sensoriais.

Para o recrutamento foi utilizado um questionário com o objetivo de obter informações sobre os provadores, assim como informar sobre os testes (APÊNDICE A).

- Pré-seleção da equipe sensorial

Os provadores foram submetidos a um teste de sensibilidade aos quatro gostos básicos (doce, amargo, salgado e ácido), um teste de diferenças e um teste de rede. Para o teste de sensibilidade foi solicitado que eles provassem soluções contendo cloreto de sódio (salgado), ácido cítrico (ácido), sacarose (doce) e cafeína (amargo), a baixas concentrações e, identificassem o gosto de cada uma delas. A ficha utilizada segue em anexo (APÊNDICE B). A solução de ácido cítrico foi repetida e outra solução contendo apenas água destilada foram servidas juntamente com as demais totalizando seis amostras para cada provador. A Tabela 4 apresenta as concentrações utilizadas nas soluções.

Tabela 4: Concentração das soluções utilizadas para detecção dos quatro gostos básicos

Composto	Qualidade do Gosto	Concentração utilizada
NaCl	Salgado	0,2%
Sacarose	Doce	2%
Ácido Cítrico	Ácido	0,07%
Cafeína	Amargo	0,07%

Fonte: DUTCOSKY, 1996

As seis amostras para o teste de sabores básicos juntamente com a ficha e a água, utilizada para fazer o branco entre as amostras, pode ser visualizada na Figura 5.



Figura 5. Teste de sabores básicos, a ficha do teste e a água

O teste de diferença utilizado para avaliar o poder de cada candidato em discriminar sensorialmente as amostras entre si foi o teste Triangular. Na ficha utilizada o provador foi informado que duas amostras eram iguais e uma era diferente. O provador foi então solicitado a degustar cuidadosamente cada uma das amostras, na ordem que foram apresentadas e

identificar a amostra diferente. A ficha utilizada para o teste segue em anexo (APÊNDICE C).

Foram realizados três testes, no primeiro, foram apresentadas duas amostras de pão branco da marca Nutrella, uma delas pão de leite e a outra pão de manteiga. No segundo teste foram utilizados pães integrais caseiros, onde uma das amostras continha pequena quantidade de mel e iogurte, o que a diferenciava da outra amostra. Para o terceiro teste utilizou-se pão de centeio da marca Nutrella e pão integral da marca Breads.

Cada amostra foi codificada com três dígitos aleatórios e estas foram servidas em todas as combinações possíveis juntamente com um copo de água para fazer o branco entre as amostras.

Para os provadores pré-selecionados nos testes descritos acima, foi aplicado o método de rede, onde três pares de amostras foram apresentadas aos provadores e estes foram solicitados a descrever as diferenças e as similaridades entre cada par com relação à aparência, aroma, sabor e textura. Em anexo (APÊNDICE D) segue a ficha utilizada para o método de rede.

A cabine de análise sensorial com as amostras utilizadas no teste de rede pode ser visualizada na Figura 6.



Figura 6. Teste de rede

Com os termos descritores gerados no teste de rede foi elaborada a ficha de avaliação, com escalas não estruturadas de 9 cm, ancoradas nos pontos extremos, à esquerda pelos termos péssimo, fraco, pouco ou desgostei muitíssimo e à direita ótimo, forte, muito ou gostei muitíssimo. Em anexo (APÊNDICE E) segue a ficha de avaliação.

Em seguida, os provadores foram reunidos e, estes discutiram os termos descritivos presentes na ficha de avaliação e sugeriram definições dos mesmos. Foram apresentadas amostras como referência para exemplificar os extremos de cada atributo, com objetivo de prover consenso entre eles em relação aos padrões.

A seleção final dos provadores foi baseada na reprodutibilidade dos resultados, poder discriminativo e concordância entre os membros da equipe. Nesta etapa os treze provadores pré-selecionados permaneceram na equipe.

Algumas amostras de referência utilizadas podem ser vistas na Figura 7.

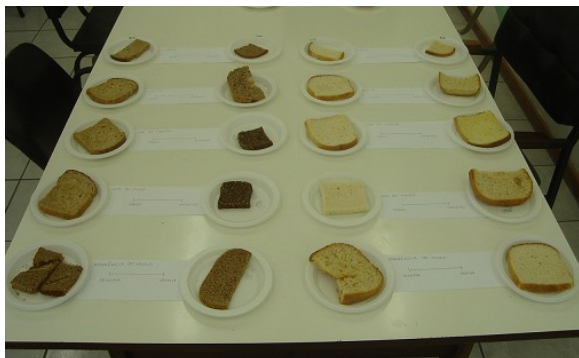


Figura 7. Amostras utilizadas como referência.

- Treinamento dos candidatos

Para o treinamento com o teste de ADQ foram utilizadas 8 amostras, sendo quatro amostras de pães brancos e quatro com pães integrais. O teste foi realizado em duas etapas com quatro amostras cada.

Os materiais de referência e a definição de cada termo descritivo foram colocados à disposição dos provadores em cada sessão. Estes, então, encaminharam-se as cabines de análise sensorial onde continha quatro amostras, duas de pães brancos e duas de pães integrais, juntamente com um copo de água e a ficha do teste.

A cabine com as amostras, a ficha e a água utilizadas para a segunda etapa da ADQ podem ser visualizadas na Figura 8.



Figura 8. Aplicação da Análise Descritiva Qualitativa

As 17 formulações de cada tipo de pão, pão branco de forma e pão integral, foram analisadas pelos provadores e as características aparência do miolo, cor do miolo, cor da crosta, aroma, porosidade do miolo, sabor, sabor residual (para pão integral), mastigabilidade, adesividade e aceitação foram avaliadas. As análises foram realizadas no laboratório de Análise Sensorial do ICTA.

2.6 Análise Estatística

As 17 formulações foram avaliadas através de Análise de Variância (ANOVA) e pela Metodologia de Superfície de Resposta (MSR), utilizando o programa STATISTICA for Windows (VERSÃO 7.0).

2.7 Análises Físico-Químicas

Após o preparo das amostras, foram realizadas as seguintes análises:

a) Umidade

Foi realizada em estufa com circulação forçada de ar segundo o método 44-15A da *American Association of Cereal Chemist* (AACC, 2000).

b) Cinzas

A determinação foi realizada em mufla a 550 °C de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL,1985).

c) Textura

A firmeza dos pães foi determinada no laboratório da Solae do Brasil, onde foi utilizado o texturômetro SMS (modelo TA-XT2i, Godalming/Surrey, UK). Foi utilizado cilindro de prova de 36 mm, nas seguintes condições de operação: medida de força em compressão, velocidade de pré-teste: 1,0 mm/s, velocidade de teste: 1,7 mm/s, velocidade de pós-teste: 10,0 mm/s, distância de 40 %. Foram realizadas 6 leituras de cada amostra.

A Figura 9 mostra o equipamento analisando as fatias de pão.



Figura 9. Texturômetro TA-XT2i.

d) *Cor*

A avaliação da cor é um parâmetro crítico em produtos forneados. Pães com crosta muito clara ou muito escura estão associados a falhas no processamento.

A determinação de cor foi realizada em colorímetro Minolta com iluminante C e ângulo de 2°, sendo feita 3 leituras na amostra. Os resultados apresentados, utilizando o sistema CIELAB, são as médias dos valores de: L*, a*, b* (medidos) e ΔE^* (calculada).

e) *Altura das fatias*

A altura das fatias foi medida através do instrumento paquímetro.

f) *Volume específico*

De acordo com a AACC (2000), método número 44-15A, o volume foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço e o volume específico calculado pela relação entre o volume do pão assado e o seu peso, obtido pelo emprego de balança semi-analítica. A determinação do volume específico foi realizada com três repetições e os resultados expressos em $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Pão Branco

3.1.1 Análises para Controle de Qualidade das Farinhas

A Tabela 5 apresenta o planejamento experimental para as três variáveis independentes (concentração de transglutaminase, amilase e xilanase) em relação a todas as análises realizadas na farinha e suas respectivas respostas.

Tabela 5. Planejamento experimental para as três variáveis independentes em relação as 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, para as análises de controle de qualidade das farinhas brancas.

Amostra	TGM	AMILASE	XILANASE	Análises Realizadas ^a										
				UMID. (%)	CINZ. (%)	GU (%)	GS (%)	ΔE^*	ABS. (%)	EST. (min.)	MTI (UB)	W (J)	P (mm)	L (mm)
1	-1	-1	-1	13,80	0,52	31,10	9,80	1,13	54,80	9,10	70,00	195,00	48,00	105,00
2	1	-1	-1	13,40	0,51	31,20	9,70	1,17	54,60	9,70	40,00	201,00	59,00	85,00
3	-1	1	-1	13,70	0,52	32,10	10,10	1,15	53,70	10,40	20,00	196,00	50,00	118,00
4	1	1	-1	13,60	0,51	32,10	9,80	1,17	53,20	11,90	35,00	172,00	62,00	59,00
5	-1	-1	1	13,80	0,51	30,90	9,50	1,14	54,00	10,10	60,00	171,00	48,00	105,00
6	1	-1	1	13,80	0,51	30,90	9,80	1,12	54,00	10,60	40,00	181,00	46,00	108,00
7	-1	1	1	13,80	0,51	27,90	9,70	1,17	52,50	10,90	40,00	156,00	44,00	91,00
8	1	1	1	13,80	0,51	31,60	9,80	1,15	52,40	13,60	30,00	142,00	46,00	69,00
9	0	0	0	13,90	0,51	32,20	9,60	1,18	53,40	10,80	50,00	139,00	48,00	72,00
10	0	0	0	13,50	0,52	28,50	11,10	1,14	53,60	10,70	50,00	127,00	52,00	55,00
11	0	0	0	13,50	0,52	28,00	9,80	1,14	54,00	9,00	45,00	168,00	50,00	77,00
12	-1,68	0	0	13,60	0,51	30,20	10,10	1,13	53,70	9,00	40,00	119,00	48,00	56,00
13	1,68	0	0	13,70	0,51	27,70	10,00	1,15	53,50	9,40	60,00	178,00	49,00	92,00
14	0	-1,68	0	13,60	0,51	29,50	9,40	1,10	56,10	9,40	60,00	224,00	60,00	103,00
15	0	1,68	0	13,60	0,54	31,40	11,10	0,02	54,70	2,60	80,00	186,00	50,00	95,00
16	0	0	-1,68	13,60	0,54	28,20	10,10	0,05	52,90	9,90	65,00	218,00	65,00	95,00
17	0	0	1,68	13,50	0,53	32,80	11,50	0,04	55,40	2,10	115,00	97,00	39,00	66,50
18	AMOSTRA PADRÃO			13,70	0,53	32,60	11,30	-	55,80	11,10	35,00	274,00	88,00	89,00

^a Análises realizadas: UMID.= umidade, CINZ.= cinzas, GU = glúten úmido, GS = glúten seco, ΔE^* = diferença de cor, ABS = absorção, EST = estabilidade, MTI = índice de tolerância à mistura, W = força da farinha, P = elasticidade e L = extensibilidade.

Observando a Tabela 5, é possível notar que os valores das análises para cada amostra são muito semelhantes, inclusive o valor da amostra padrão, sem adição de enzimas.

Este resultado já era esperado, uma vez que para se perceber algum efeito das enzimas na farinha é necessário que as mesmas tenham estado em contato com a água por um tempo controlado. Como a maioria das análises foi realizada a seco e, as realizadas na presença de

água não duraram tempo necessário para haver reação da enzima, não se pôde perceber efeito da associação enzimática nas farinhas.

3.1.2 Análise Sensorial

Todos os atributos para pão branco foram analisados através do programa STATISTICA (VERSÃO Windows 7.0) tendo como base sempre a média dos 8 provadores mais significativos, com exceção do atributo aceitação, onde a média considerada foi em relação aos 13 provadores que participaram da análise sensorial. Através da ANOVA dos atributos (APÊNDICE F), pode-se verificar que não houve diferença significativa entre os provadores ($F < F$ crítico), o que significa que eles estavam bem treinados e apresentaram respostas semelhantes. Apenas as análises onde o modelo foi significativo foi possível traçar gráficos bidimensionais. Para as demais, foi realizada somente a análise dos efeitos significativos.

A Tabela 6 apresenta o planejamento experimental para as três variáveis independentes (concentração de transglutaminase, amilase e xilanase) em relação a todos os atributos analisados para as 17 amostras, com adição de enzimas, e para a amostra padrão, sem adição de enzima.

Tabela 6. Planejamento experimental para as três variáveis independentes em relação às 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, para a análise sensorial.

Amostra	TGM	AMILASE	XILANASE	Atributos Analisados								
				Apar. Miolo	Cor Miolo	Cor Crosta	Aroma	Porosid.	Sabor	Mastigab.	Adesivid.	Aceit.
1	-1	-1	-1	7,58	6,76	1,71	7,50	3,01	6,61	3,56	2,98	5,78
2	1	-1	-1	7,43	7,10	2,06	6,03	6,06	6,54	3,45	2,86	5,98
3	-1	1	-1	5,83	6,11	0,51	6,81	5,06	6,16	4,40	3,11	5,40
4	1	1	-1	7,63	6,51	3,05	4,89	6,10	5,78	3,38	3,81	6,46
5	-1	-1	1	8,06	6,75	3,44	5,74	6,35	5,20	3,15	2,76	6,87
6	1	-1	1	7,66	6,73	3,81	6,25	6,95	6,24	2,65	2,53	6,29
7	-1	1	1	7,88	5,80	1,39	5,43	4,41	5,91	2,83	2,71	6,22
8	1	1	1	7,43	6,85	2,41	6,38	6,03	5,53	4,18	3,39	6,73
9	0	0	0	7,90	6,21	1,83	6,85	5,63	5,46	2,00	2,54	6,50
10	0	0	0	7,71	5,93	3,71	6,30	6,33	6,11	3,50	3,48	6,54
11	0	0	0	7,39	6,59	0,50	7,76	4,20	6,83	3,78	2,78	5,82
12	-1,68	0	0	7,60	5,88	1,28	7,24	4,31	6,71	3,81	3,99	6,23
13	1,68	0	0	6,23	7,06	1,84	7,60	4,63	6,03	3,46	4,78	5,70
14	0	-1,68	0	6,78	7,20	2,05	6,96	5,53	6,33	2,13	1,98	6,08
15	0	1,68	0	7,23	5,79	3,55	7,70	6,16	6,04	3,85	4,11	5,96
16	0	0	-1,68	6,73	6,50	1,78	6,74	5,28	7,08	3,08	3,75	5,89
17	0	0	1,68	7,49	6,46	4,06	7,05	6,84	5,69	2,56	2,94	6,55
18	AMOSTRA PADRÃO			7,81	7,55	0,11	7,06	7,55	6,79	4,33	4,76	5,92

a) Aparência do Miolo

A Tabela 7 mostra os efeitos significativos para a variável aparência do miolo. Pelos dados apresentados, observa-se que a enzima xilanase, com 90% de confiança, foi a que mais interferiu nesta variável. Aumentando a concentração desta enzima na formulação, aumenta o valor das notas dos provadores em relação à aparência do miolo, ou seja, a primeira impressão causada ao olhar a amostra neste caso é considerada melhor.

Tabela 7. Efeitos estimados para a variável aparência do miolo.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	Cofic.	Cofic. Erro Padrão	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf
Média/Interação	7,635354	0,149396	51,10815	0,000383	7,19912	8,071588	7,635354	0,149396	7,199120	8,071588
(1)TGM (L)	-0,221330	0,140397	-1,57645	0,255628	-0,63129	0,188629	-0,110665	0,070199	-0,315644	0,094314
TGM (Q)	-0,324823	0,154673	-2,10007	0,170542	-0,77646	0,126819	-0,162411	0,077336	-0,388232	0,063409
(2)AMILASE (L)	-0,178676	0,140397	-1,27265	0,331078	-0,58863	0,231282	-0,089338	0,070199	-0,294317	0,115641
AMILASE (Q)	-0,262819	0,154673	-1,69919	0,231382	-0,71446	0,188823	-0,131409	0,077336	-0,357230	0,094411
(3)XILANASE(L)	0,565197	0,140397	4,02570	0,056524	0,15524	0,975155	0,282598	0,070199	0,077619	0,487578
XILANASE(Q)	-0,187528	0,154673	-1,21242	0,349135	-0,63917	0,264113	-0,093764	0,077336	-0,319585	0,132057
1L por 2L	0,475000	0,183357	2,59057	0,122272	-0,06040	1,010400	0,237500	0,091679	-0,030200	0,505200
1L por 3L	-0,625000	0,183357	-3,40865	0,076341	-1,16040	-0,089600	-0,312500	0,091679	-0,580200	-0,044800
2L por 3L	0,281250	0,183357	1,53389	0,264794	-0,25415	0,816650	0,140625	0,091679	-0,127075	0,408325

Percebe-se também um efeito significativo na associação das enzimas TGM e xilanase, porém, a TGM interfere negativamente, diminuindo sua concentração, a aparência do miolo é melhor.

A amostra 5 (Tabela 6) apresenta uma grande concentração de xilanase e baixa de TGM. Desta forma, foi a amostra que obteve maior valor para aparência do miolo. Pode ser observado também, que a amostra padrão, sem adição de enzimas, recebeu um valor alto para esta variável, e apenas 3 amostras receberam valores superiores. Este resultado sugere que não seja necessário a adição de enzimas para melhorar a aparência do miolo do pão.

b) *Cor do Miolo*

A tabela 8 mostra os efeitos para a variável cor do miolo. Pode-se notar, através dos valores de “p”, que, com 90% de confiança, tanto a enzima TGM, como a amilase tem efeito significativo nesta variável. Quanto maior a concentração de TGM e menor a de amilase, mais intensa é a cor do miolo.

Tabela 8. Efeitos estimados para a variável cor do miolo.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	P	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	Coefic.	Coefic. Erro Padrão	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf
Média/Interação	6,236317	0,191400	32,58268	0,000941	5,67743	6,795202	6,236317	0,191400	5,677433	6,795202
(1)TGM (L)	0,550759	0,179871	3,06197	0,092153	0,02554	1,075980	0,275380	0,089936	0,012769	0,537990
TGM (Q)	0,196720	0,198160	0,99273	0,425456	-0,38190	0,775344	0,098360	0,099080	-0,190952	0,387672
(2)AMILASE (L)	-0,650138	0,179871	-3,61447	0,068745	-1,17536	-0,124917	-0,325069	0,089936	-0,587679	-0,062458
AMILASE (Q)	0,214436	0,198160	1,08213	0,392310	-0,36419	0,793060	0,107218	0,099080	-0,182094	0,396530
(3)XILANASE(L)	-0,062368	0,179871	-0,34674	0,761872	-0,58759	0,462853	-0,031184	0,089936	-0,293794	0,231426
XILANASE(Q)	0,205578	0,198160	1,03743	0,408509	-0,37305	0,784202	0,102789	0,099080	-0,186523	0,392101
1L por 2L	0,284375	0,234909	1,21057	0,349707	-0,40156	0,970306	0,142188	0,117455	-0,200778	0,485153
1L por 3L	0,071875	0,234909	0,30597	0,788539	-0,61406	0,757806	0,035938	0,117455	-0,307028	0,378903
2L por 3L	0,103125	0,234909	0,43900	0,703536	-0,58281	0,789056	0,051563	0,117455	-0,291403	0,394528

Observando a Tabela 6, nota-se que a amostra 14, sem adição de amilase, foi a amostra que obteve maior nota para a intensidade de cor do miolo. Já a amostra 15, com maior concentração de amilase, recebeu a menor nota. Nas duas amostras, a concentração de TGM foi a mesma.

Comparando as amostras 12 e 13, onde a concentração de amilase foi a mesma e a concentração de TGM chegou nos extremos, pode-se perceber que a maior concentração de TGM deu à amostra um maior valor na intensidade de cor do miolo, e a ausência da enzima, um menor valor.

Para cor do miolo, a análise de variância (ANOVA), representada na Tabela 9, apresentou um F calculado (4,35) > F tabelado (3,68), ou seja, o modelo é significativo e, desta maneira, é possível obter o gráfico bi-dimensional abaixo (Figura 10).

Tabela 9. ANOVA para a variável cor do miolo.

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F calculado	F tabelado
Regressão	2,908116952	9	0,323124106	4,355531068	3,68
Resíduo	0,519309518	7	0,074187074		
Falta de Ajuste	0,298580352	5	0,05971607	0,541080014	
Erro Puro	0,220729167	2	0,110364583		
Total	3,427426471	16			

Analisando o gráfico abaixo (Figura 10), os efeitos significativos para a variável cor do miolo ficam mais claras. Aumentando a concentração de TGM e diminuindo a de amilase, a intensidade da cor vermelha (ou seja, a intensidade da cor do miolo) aumenta.

A amostra padrão recebeu o maior valor para a intensidade de cor do miolo, o que significa que a adição das enzimas isoladas ou a associação das mesmas deixou a cor do miolo menos intensa.

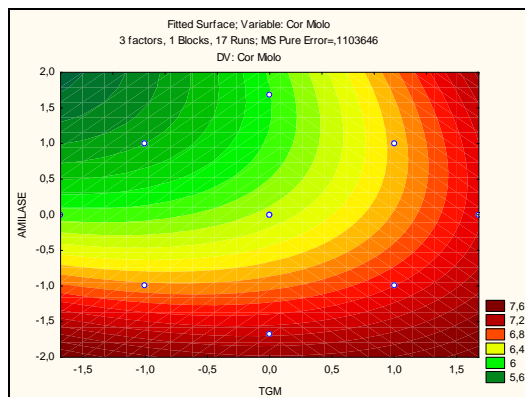


Figura 10. Gráfico bi-dimensional da variável cor do miolo.

c) Cor da Crosta

Observado a Tabela 10, que mostra os efeitos estimados para a variável cor da crosta, pode-se perceber que nenhuma enzima interferiu nesta variável.

É interessante notar que, dentre todas as amostras analisadas, a amostra padrão foi a que recebeu menor valor para cor da crosta, o que significa que a cor da crosta foi mais fraca. A adição de associações enzimáticas intensificou a cor da crosta, uma vez que a amilase e a xilanase são capazes de aumentar os açúcares redutores das amostras.

Tabela 10. Efeitos estimados para a variável cor da crosta.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	P	-80,% Nível Conf	+80,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-80,% Nível Conf	+80,% Nível Conf	
	Média/Interação	2,022668	0,930138	2,174588	0,161685	0,26878	3,776554	2,022668	0,930138	0,26878	3,776554
(1)	TGM (L)	0,766959	0,874113	0,877414	0,472799	-0,88128	2,415202	0,383479	0,437056	-0,44064	1,207601
	TGM (Q)	-0,391367	0,962990	-0,406408	0,723805	-2,20720	1,424465	-0,19568	0,481495	-1,10360	0,712233
(2)	AMILASE (L)	-0,167463	0,874113	-0,191581	0,865758	-1,81571	1,480780	-0,08373	0,437056	-0,90785	0,740390
	AMILASE (Q)	0,489975	0,962990	0,508806	0,661464	-1,32586	2,305807	0,244988	0,481495	-0,66293	1,152904
(3)	XILANASE(L)	1,107455	0,874113	1,266947	0,332738	-0,54079	2,755698	0,553727	0,437056	-0,27039	1,377849
	XILANASE(Q)	0,574123	0,962990	0,596188	0,611539	-1,24171	2,389955	0,287062	0,481495	-0,62085	1,194978
	1L por 2L	0,709375	1,141579	0,621398	0,597726	-1,44321	2,861957	0,354688	0,570790	-0,72160	1,430979
	1L por 3L	-0,371875	1,141579	-0,325755	0,775534	-2,52446	1,780707	-0,18593	0,570790	-1,26223	0,890354
	2L por 3L	-0,809375	1,141579	-0,708996	0,551831	-2,96196	1,343207	-0,40468	0,570790	-1,48098	0,671604

No estudo realizado por Sahlström e Bräthen (1997), eles perceberam que a adição de a-amilase causou um significativo escurecimento na crosta, quando comparado com pães sem adição de enzimas. Segundo eles, isto pode ser explicado pelo aumento da formação de açúcares redutores quando a a-amilase é adicionada.

Na Tabela 6, pode-se observar que a amostra 15, a qual teve uma alta concentração de amilase recebeu um alto valor para cor da crosta, resultado este que vai ao encontro com o estudo citado anteriormente.

d) Aroma

A Tabela 11 apresenta os efeitos estimados para a variável aroma, e, através desta pode-se perceber que nenhuma enzima interferiu nesta variável.

Todas as amostras apresentaram valores próximos para esta variável, inclusive a amostra padrão.

Tabela 11. Efeitos estimados para a variável aroma.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	P	-85,% Nível Conf	+85,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-85,% Nível Conf	+85,% Nível Conf	
	Média/Interação	7,044392	0,425593	16,55195	0,003630	6,07322	8,015565	7,044392	0,425593	6,073218	8,015565
(1)	TGM (L)	-0,194726	0,399958	-0,48687	0,674483	-1,10740	0,717950	-0,097363	0,199979	-0,553701	0,358975
	TGM (Q)	-0,174965	0,440625	-0,39708	0,729673	-1,18044	0,830510	-0,087483	0,220312	-0,590220	0,415255
(2)	AMILASE (L)	-0,113377	0,399958	-0,28347	0,803465	-1,02605	0,799300	-0,056688	0,199979	-0,513026	0,399650
	AMILASE (Q)	-0,236969	0,440625	-0,53780	0,644550	-1,24244	0,768506	-0,118485	0,220312	-0,621222	0,384253
(3)	XILANASE(L)	-0,133751	0,399958	-0,33441	0,769881	-1,04643	0,778926	-0,066875	0,199979	-0,523213	0,389463
	XILANASE(Q)	-0,546989	0,440625	-1,24139	0,340305	-1,55246	0,458486	-0,273494	0,220312	-0,776232	0,229243
	1L por 2L	-0,003125	0,522339	-0,00598	0,995770	-1,19507	1,188817	-0,001563	0,261170	-0,597534	0,594409
	1L por 3L	1,215625	0,522339	2,32727	0,145413	0,02368	2,407567	0,607813	0,261170	0,011841	1,203784
	2L por 3L	0,409375	0,522339	0,78373	0,515275	-0,78257	1,601317	0,204688	0,261170	-0,391284	0,800659

e) *Porosidade do Miolo*

Analisando a Tabela 12, pode-se ver através dos valores de “p” que, com 75% de confiança, a enzima que mais interfere na porosidade do miolo é a TGM.

Quanto maior a concentração de TGM na amostra, mais homogênea é a amostra. Na Tabela 6, tem-se a amostra 1 como exemplo, onde sua concentração de TGM é baixa e o valor para porosidade também é baixo, ou seja, a amostra é heterogênea.

Já na amostra 2, a concentração de TGM é alta e o valor para porosidade também é alto, ou seja, a amostra é mais homogênea.

A enzima xilanase também influenciou na porosidade do miolo, porém com menor intensidade que a TGM. Na Tabela 6, a amostra 17, a qual tem alta concentração de TGM e xilanase, apresentou alto valor para porosidade do miolo.

Segundo Camacho e Aguilar (2003), a adição de xilanase na panificação melhora a estrutura do miolo. Foi demonstrado que a enzima modifica a habilidade de retenção de água da farinha, fazendo com que o efeito principal da enzima seja alterar a redistribuição de água da hemicelulose para o glúten e o amido, o que resulta numa maior extensibilidade do glúten.

Esta mesma característica da xilanase foi observada no estudo realizado por Romanowska; Polak e Bielecki (2006), onde amostras de pães com adição de xilanase e sem adição de enzima foram comparados e o aumento da porosidade do miolo é nítido na amostra com adição da enzima.

Comparando a amostra padrão com as outras amostras, percebe-se que a mesma apresenta o maior valor para a porosidade do miolo, ou seja, para a amostra ser mais homogênea, não é necessário a adição de enzimas.

Tabela 12. Efeitos estimados para a variável porosidade do miolo.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	P	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	Cofic.	Cofic. Erro Padrão	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf
Média/Interação	5,38093	0,623909	8,62454	0,013179	4,38045	6,381412	5,380931	0,623909	4,38045	6,381412
(1)TGM (L)	1,00038	0,586329	1,70618	0,230095	0,06016	1,940599	0,500191	0,293165	0,03008	0,970300
TGM (Q)	-0,63201	0,645946	-0,97842	0,431045	-1,66783	0,403809	-0,316004	0,322973	-0,83391	0,201905
(2)AMILASE (L)	0,04339	0,586329	0,07400	0,947748	-0,89683	0,983605	0,021693	0,293165	-0,44842	0,491802
AMILASE (Q)	0,34234	0,645946	0,52998	0,649078	-0,69348	1,378157	0,171170	0,322973	-0,34674	0,689079
(3)XILANASE(L)	0,89778	0,586329	1,53118	0,265391	-0,04244	1,837996	0,448889	0,293165	-0,02122	0,918998
XILANASE(Q)	0,49292	0,645946	0,76310	0,525128	-0,54290	1,528738	0,246461	0,322973	-0,27145	0,764369
1L por 2L	-0,25000	0,765738	-0,32648	0,775058	-1,47791	0,977912	-0,125000	0,382869	-0,73896	0,488956
1L por 3L	-0,46875	0,765738	-0,61215	0,602759	-1,69666	0,759162	-0,234375	0,382869	-0,84833	0,379581
2L por 3L	-1,23750	0,765738	-1,61609	0,247455	-2,46541	-0,009588	-0,618750	0,382869	-1,23271	-0,004794

f) *Sabor*

Com 75% de confiança, percebe-se através dos valores de “p” na Tabela 13, que a enzima xilanase interfere no sabor.

Quanto maior a concentração de xilanase, mais fraco é o sabor característico de pão da amostra. Esta afirmativa pode ser confirmada através da Tabela 6. A amostra 17, que possui maior concentração de xilanase, apresenta um valor baixo para a variável sabor, ou seja, o sabor característico é mais fraco.

Já a amostra 16, que não possui adição de xilanase, apresenta o maior valor para a variável sabor, ou seja, o sabor característico é mais intenso.

Tabela 13. Efeitos estimados para a variável sabor.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	P	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf
Média/Interação	6,155083	0,392632	15,67648	0,004044	5,52547	6,784695	6,155083	0,392632	5,525472	6,784695
(1)TGM (L)	-0,141812	0,368982	-0,38433	0,737747	-0,73350	0,449875	-0,070906	0,184491	-0,366750	0,224938
TGM (Q)	0,021235	0,406499	0,05224	0,963087	-0,63061	0,673083	0,010617	0,203250	-0,315307	0,336542
(2)AMILASE (L)	-0,248520	0,368982	-0,67353	0,570018	-0,84021	0,343168	-0,124260	0,184491	-0,420104	0,171584
AMILASE (Q)	-0,111631	0,406499	-0,27462	0,809378	-0,76348	0,540218	-0,055816	0,203250	-0,381740	0,270109
(3)XILANASE(L)	-0,665968	0,368982	-1,80488	0,212855	-1,25766	-0,074280	-0,332984	0,184491	-0,628828	-0,037140
XILANASE(Q)	0,030092	0,406499	0,07403	0,947726	-0,62176	0,681941	0,015046	0,203250	-0,310878	0,340971
1L por 2L	-0,434375	0,481885	-0,90141	0,462508	-1,20711	0,338361	-0,217188	0,240943	-0,603555	0,169180
1L por 3L	0,278125	0,481885	0,57716	0,622142	-0,49461	1,050861	0,139063	0,240943	-0,247305	0,525430
2L por 3L	0,303125	0,481885	0,62904	0,593592	-0,46961	1,075861	0,151563	0,240943	-0,234805	0,537930

g) *Mastigabilidade*

A mastigabilidade é uma característica que, para pão de forma, não deve apresentar um valor muito alto. A tabela 14 mostra que, com apenas 75% de confiança, a enzima amilase interfere positivamente na mastigabilidade, ou seja, quanto maior a concentração de amilase, maior o tempo requerido para mastigar uma amostra para reduzi-la a consistência adequada para deglutição.

Este dado pode ser percebido na Tabela 6, onde as amostras 3 e 8, as quais possuem uma concentração alta de amilase, apresentam valores altos para mastigabilidade.

A amostra 14, que não possui adição de amilase, apresenta um valor baixo para mastigabilidade.

É interessante observar que a amostra padrão, sem enzimas, apresentou um dos maiores valores para mastigabilidade, o que quer dizer que a interferência da amilase existiu, porém não é significativa.

Tabela 14. Efeitos estimados para a variável mastigabilidade.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-65,% Nível Conf	+65,% Nível Conf	Cofic.	Cofic. Erro Padrão	-65,% Nível Conf	+65,% Nível Conf
Média/Interação	3,071868	0,550418	5,580974	0,030638	2,40607	3,737669	3,071868	0,550418	2,406066	3,737669
(1)TGM (L)	-0,128327	0,517264	-0,248088	0,827213	-0,75403	0,497371	-0,06416	0,258632	-0,377013	0,248685
TGM (Q)	0,519313	0,569858	0,911301	0,458333	-0,17000	1,208630	0,259656	0,284929	-0,085002	0,604315
(2)AMILASE (L)	0,712433	0,517264	1,377309	0,302302	0,08673	1,338131	0,356216	0,258632	0,043367	0,669065
AMILASE (Q)	0,058712	0,569858	0,103028	0,927340	-0,63061	0,748029	0,029356	0,284929	-0,315303	0,374015
(3)XILANASE(L)	-0,417522	0,517264	-0,807173	0,504300	-1,04322	0,208176	-0,20876	0,258632	-0,521610	0,104088
XILANASE(Q)	-0,060867	0,569858	-0,106812	0,924687	-0,75018	0,628450	-0,03043	0,284929	-0,375092	0,314225
1L por 2L	0,234375	0,675540	0,346945	0,761738	-0,58278	1,051528	0,117188	0,337770	-0,291389	0,525764
1L por 3L	0,496875	0,675540	0,735523	0,538582	-0,32028	1,314028	0,248438	0,337770	-0,160139	0,657014
2L por 3L	0,109375	0,675540	0,161908	0,886257	-0,70778	0,926528	0,054688	0,337770	-0,353889	0,463264

h) *Adesividade*

A adesividade é uma característica não muito desejada em pães, uma vez que faz com que o pão grude no céu da boca, e seja difícil a sua remoção.

Martínez-Anaya e Jiménez (1997) testaram combinações de enzimas (amilases, xilanas/pentosanas, lipases e glicose-oxidase) em massa crua de pão e concluíram que as enzimas não afetaram a pegajosidade ou adesividade, mas sim condições do processo, compostos hidrosolúveis, atividade amilolítica e proteolítica, amido danificado, grau de extração da farinha, conteúdo de pentosanas e concentração de açúcares e gorduras na formulação.

Neste trabalho, através da tabela 15, observa-se, ao contrário do trabalho citado acima, que com 90% de confiança, a enzima amilase tem efeito significativo positivo na variável adesividade. Quanto maior a concentração de amilase, maior a força requerida para remover o material que adere a boca durante o processo normal de comer.

Observando a Tabela 6, percebe-se que a amostra 14, a qual apresenta ausência de amilase, obteve o menor valor para adesividade. Já a amostra 15, que possui a maior concentração de amilase, apresenta alto valor para adesividade.

Um fato interessante é que a amostra padrão, sem adição de amilase, apresentou o segundo maior valor de adesividade dentre todas as amostras analisadas, o que significa que o teor de amilase presente na farinha é alto. É possível que, nas amostras onde a adesividade foi baixa, a associação das enzimas tenha agido como bloqueadora da amilase presente na farinha, ocasionando um resultado positivo. Já a amostra padrão, que não tinha nenhuma associação de enzimas, não sofreu interferência na amilase presente, e o valor da adesividade foi alto. Assim, pode-se concluir que, se o objetivo é obter uma baixa adesividade, é interessante a utilização de associações enzimáticas.

Tabela 15. Efeitos estimados para a variável adesividade.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf
Média/Interação	2,969993	0,280806	10,57668	0,008821	2,15004	3,789942	2,969993	0,280806	2,150045	3,789942
(1)TGM (L)	0,344160	0,263892	1,30417	0,322072	-0,42640	1,114721	0,172080	0,131946	-0,213200	0,557360
TGM (Q)	0,755696	0,290724	2,59936	0,121591	-0,09321	1,604604	0,377848	0,145362	-0,046607	0,802302
(2)AMILASE (L)	0,804849	0,263892	3,04992	0,092784	0,03429	1,575409	0,402424	0,131946	0,017144	0,787704
AMILASE (Q)	-0,192079	0,290724	-0,66069	0,576732	-1,04099	0,656829	-0,09604	0,145362	-0,520494	0,328415
(3)XILANASE(L)	-0,401618	0,263892	-1,52191	0,267450	-1,17218	0,368942	-0,20080	0,131946	-0,586089	0,184471
XILANASE(Q)	0,020506	0,290724	0,07053	0,950187	-0,82840	0,869415	0,010253	0,145362	-0,414202	0,434707
1L por 2L	0,431250	0,344639	1,25131	0,337345	-0,57509	1,437591	0,215625	0,172320	-0,287545	0,718795
1L por 3L	-0,037500	0,344639	-0,10881	0,923287	-1,04384	0,968841	-0,01875	0,172320	-0,521920	0,484420
2L por 3L	-0,068750	0,344639	-0,19948	0,860326	-1,07509	0,937591	-0,03437	0,172320	-0,537545	0,468795

i) Aceitação

Para a variável aceitação, a Tabela 16 mostra que a enzima xilanase interfere com 85% de confiança. Quanto maior a concentração de xilanase, maior o grau do provador gostar da amostra. Na Tabela 6, a amostra 5 foi a que teve maior aceitação dos provadores. A mesma possui alta concentração de xilanase. E a amostra 17, a qual possui a maior concentração de xilanase, recebeu um valor alto para aceitação.

A amostra 3, com baixa concentração de xilanase, foi a que recebeu menor valor para aceitação, mas como o valor é próximo aos outros, não quer dizer que ela tenha sido rejeitada, apenas menos apreciada pelos provadores.

A xilanase é muito utilizada em panificação uma vez que adicionada em concentrações ideais melhora a capacidade de retenção de gás, aumentando o volume do pão, melhora a textura, deixando a estrutura do miolo mais uniforme, escurece a cor da casca e aumenta a suavidade da massa. Provavelmente estas características juntamente com as características das enzimas associadas acabaram agradando mais os provadores.

Tabela 16. Efeitos estimados para a variável aceitação.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-85,% Nível Conf	+85,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-85,% Nível Conf	+85,% Nível Conf
Média/Interação	6,275889	0,233128	26,92032	0,001377	5,743907	6,807872	6,275889	0,233128	5,743907	6,807872
(1)TGM (L)	0,043914	0,219086	0,20044	0,859668	-0,456025	0,543854	0,021957	0,109543	-0,228013	0,271927
TGM (Q)	-0,155801	0,241362	-0,64551	0,584768	-0,706573	0,394971	-0,07790	0,120681	-0,353286	0,197486
(2)AMILASE (L)	-0,045673	0,219086	-0,20847	0,854165	-0,545613	0,454266	-0,02283	0,109543	-0,272806	0,227133
AMILASE (Q)	-0,116827	0,241362	-0,48403	0,676180	-0,667599	0,433945	-0,05841	0,120681	-0,333799	0,216973
(3)XILANASE(L)	0,527498	0,219086	2,40772	0,137739	0,027558	1,027437	0,263749	0,109543	0,013779	0,513719
XILANASE(Q)	0,024896	0,241362	0,10315	0,927255	-0,525876	0,575668	0,012448	0,120681	-0,262938	0,287834
1L por 2L	0,487500	0,286124	1,70381	0,230530	-0,165414	1,140414	0,243750	0,143062	-0,082707	0,570207
1L por 3L	-0,332500	0,286124	-1,16209	0,365127	-0,985414	0,320414	-0,16625	0,143062	-0,492707	0,160207
2L por 3L	-0,077500	0,286124	-0,27086	0,811891	-0,730414	0,575414	-0,03875	0,143062	-0,365207	0,287707

3.1.3 Análises Físico-Químicas

Todas as análises foram realizadas em triplicata. O valor médio para as 17 amostras com associações enzimáticas foi analisado através da tabela de efeitos significativos do programa STATISTICA for Windows (VERSÃO 7.0). Após, as amostras foram comparadas com a amostra padrão, sem adição de enzimas. Apenas as análises onde o modelo foi significativo foi possível traçar gráficos bidimensionais

A Tabela 17 apresenta o planejamento experimental para as três variáveis independentes (concentração de transglutaminase, amilase e xilanase) em relação a todas as análises realizadas.

Tabela 17. Planejamento experimental para as três variáveis independentes em relação às 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, para as análises físico-químicas.

Amostra	TGM	AMILASE	XILANASE	Umidade (%)	Cinza (%)	Textura (g)	ΔE^{*b}	Altura (mm)	Vol. Específico (cm ³ /g)
1	-1	-1	-1	30,95	2,03	1205,70	0,85	93,50	2,91
2	1	-1	-1	30,35	2,03	1580,80	1,20	95,00	2,61
3	-1	1	-1	30,46	2,15	1326,40	0,45	94,50	2,96
4	1	1	-1	31,02	2,16	1375,20	0,71	98,00	3,07
5	-1	-1	1	31,24	2,23	1686,90	0,86	92,50	3,05
6	1	-1	1	30,44	2,08	1875,70	1,04	95,50	2,65
7	-1	1	1	30,62	2,15	1538,00	1,86	98,50	2,84
8	1	1	1	30,37	2,13	1661,50	2,78	100,00	2,83
9	0	0	0	30,47	2,17	2104,60	2,53	102,00	2,92
10	0	0	0	30,45	2,06	1762,80	2,68	95,00	2,63
11	0	0	0	31,33	1,95	2044,80	2,31	99,50	2,95
12	-1,68	0	0	29,95	1,95	1522,40	2,89	101,00	2,85
13	1,68	0	0	30,51	2,24	1954,40	2,82	100,50	2,84
14	0	-1,68	0	29,98	2,03	1744,50	1,69	93,00	2,62
15	0	1,68	0	30,54	2,10	1669,40	2,71	96,50	2,92
16	0	0	-1,68	30,42	1,96	1240,30	1,07	99,00	2,98
17	0	0	1,68	30,43	2,08	1628,70	2,07	97,50	3,05
18		AMOSTRA PADRÃO		30,49	2,05	1761,80		103,00	2,59

^b ΔE^* = diferença de cor

a) Umidade

A Tabela 18 apresenta os efeitos estimados para a variável umidade, e, através dos valores de “p” pode-se perceber que nenhuma enzima interferiu nesta variável.

Observando a Tabela 17, nota-se que todos os valores para umidade ficaram muito próximos, não permitindo obtenção de modelo estatístico para esta variável.

Tabela 18. Efeitos estimados para a variável umidade.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf
Média/Interação	30,72390	0,29020	105,87107	0,00009	30,32163	31,12618	30,72390	0,29020	30,32163	31,12618
(1)TGM (L)	-0,02265	0,27272	-0,08306	0,94137	-0,40070	0,35540	-0,01133	0,13636	-0,20035	0,17770
TGM (Q)	-0,18970	0,30045	-0,63138	0,59233	-0,60619	0,22679	-0,09485	0,15023	-0,30309	0,11339
(2)AMILASE (L)	0,06328	0,27272	0,23202	0,83810	-0,31477	0,44133	0,03164	0,13636	-0,15739	0,22066
AMILASE (Q)	-0,16804	0,30045	-0,55928	0,63224	-0,58452	0,24845	-0,08402	0,15023	-0,29226	0,12422
(3)XILANASE(L)	-0,01346	0,27272	-0,04937	0,96511	-0,39151	0,36458	-0,00673	0,13636	-0,19576	0,18229
XILANASE(Q)	-0,04978	0,30045	-0,16568	0,88364	-0,46627	0,36671	-0,02489	0,15023	-0,23313	0,18335
1L por 2L	0,42701	0,35617	1,19889	0,35335	-0,06672	0,92073	0,21350	0,17809	-0,03336	0,46037
1L por 3L	-0,25469	0,35617	-0,71507	0,54877	-0,74841	0,23904	-0,12734	0,17809	-0,37421	0,11952
2L por 3L	-0,21799	0,35617	-0,61204	0,60282	-0,71172	0,27573	-0,10900	0,17809	-0,35586	0,13787

b) Cinzas

A Tabela 19 apresenta os efeitos estimados para a variável cinzas, e, através desta pode-se perceber que nenhuma enzima interferiu nesta variável.

Tabela 19. Efeitos estimados para a variável cinzas.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf
Média/Interação	2,05598	0,06338	32,44143	0,00095	1,95436	2,15761	2,05598	0,06338	1,95436	2,15761
(1)TGM (L)	0,04653	0,05956	0,78129	0,51643	-0,04897	0,14204	0,02327	0,02978	-0,02449	0,07102
TGM (Q)	0,05119	0,06561	0,78021	0,51694	-0,05402	0,15641	0,02560	0,03281	-0,02701	0,07820
(2)AMILASE (L)	0,04827	0,05956	0,81040	0,50281	-0,04724	0,14377	0,02413	0,02978	-0,02362	0,07189
AMILASE (Q)	0,03044	0,06561	0,46394	0,68829	-0,07478	0,13566	0,01522	0,03281	-0,03739	0,06783
(3)XILANASE(L)	0,06099	0,05956	1,02402	0,41352	-0,03452	0,15649	0,03049	0,02978	-0,01726	0,07825
XILANASE(Q)	-0,00183	0,06561	-0,02791	0,98027	-0,10705	0,10338	-0,00092	0,03281	-0,05352	0,05169
1L por 2L	0,03490	0,07778	0,44874	0,69755	-0,08982	0,15963	0,01745	0,03889	-0,04491	0,07982
1L por 3L	-0,04534	0,07778	-0,58291	0,61892	-0,17007	0,07939	-0,02267	0,03889	-0,08503	0,03969
2L por 3L	-0,07010	0,07778	-0,90119	0,46260	-0,19482	0,05463	-0,03505	0,03889	-0,09741	0,02732

c) Textura

A Tabela 20 mostra os efeitos estimados para a variável textura. Pode-se notar, através dos valores de “p” que, com 80% de confiança, as enzimas TGM e xilanase têm efeito significativo nesta variável. Quanto maior a concentração de TGM e xilanase, maior é a força em compressão realizada pelo equipamento sobre a amostra, ou seja, mais dura ela é.

Analisando a Tabela 17, pode-se notar que os menores valores de textura estão nas amostras com menores concentrações de TGM ou xilanase. Por exemplo, a amostra 1 possui baixa concentração de TGM e de xilanase e apresenta o menor valor de textura.

Tabela 20. Efeitos estimados para a variável textura.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-80,% Nível Conf	+80,% Nível Conf	Coefic.	Coefic. Erro Padrão	-80,% Nível Conf	+80,% Nível Conf
Média/Interação	1975,646	105,169	18,785	0,003	1777,338	2173,954	1975,646	105,169	1777,338	2173,954
(1)TGM (L)	214,288	98,834	2,168	0,162	27,925	400,652	107,144	49,417	13,962	200,326
TGM (Q)	-197,518	108,883	-1,814	0,211	-402,830	7,794	-98,759	54,442	-201,415	3,897
(2)AMILASE (L)	-84,159	98,834	-0,852	0,484	-270,523	102,204	-42,080	49,417	-135,261	51,102
AMILASE (Q)	-219,804	108,883	-2,019	0,181	-425,116	-14,492	-109,902	54,442	-212,558	-7,246
(3)XILANASE(L)	282,380	98,834	2,857	0,104	96,017	468,744	141,190	49,417	48,009	234,372
XILANASE(Q)	-412,867	108,883	-3,792	0,063	-618,179	-207,554	-206,433	54,442	-309,090	-103,777
1L por 2L	-97,900	129,076	-0,758	0,527	-341,288	145,488	-48,950	64,538	-170,644	72,744
1L por 3L	-27,900	129,076	-0,216	0,849	-271,288	215,488	-13,950	64,538	-135,644	107,744
2L por 3L	-69,550	129,076	-0,539	0,644	-312,938	173,838	-34,775	64,538	-156,469	86,919

Segundo Linko; Javanainen e Linko (1997), o tratamento com a-amilase melhora o manuseio da massa e resulta em maior maciez e volume do pão.

Collar; Bollaín e Angioloni (2005) concordam com Linko; Javanainen e Linko (1997), dizendo que a adição de a-amilase resultou num pão mais macio, enquanto a TGM não influenciou na textura, discordando do que foi encontrado neste trabalho.

Sahlström e Bräthen (1997) não observaram nenhum efeito na firmeza do miolo ao utilizar a adição de enzimas.

Para textura, a análise de variância (ANOVA), representada na Tabela 21, apresentou um F calculado (7,28) > F tabelado (3,68), ou seja, o modelo é significativo e, desta maneira, é possível obter o gráfico bi-dimensional abaixo (Figura 11).

Tabela 21. ANOVA para a variável textura.

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F calculado	F tabelado
Regressão	1001355,803	9	111261,7559	7,2862311	3,68
Resíduo	106890,9673	7	15270,13819		
Falta de Ajuste	40248,54063	5	8049,708126	0,2415791	
Erro Puro	66642,42667	2	33321,21333		
Total	1108246,771	16			

A Figura 11 mostra que os maiores valores de textura encontram-se próximo ao ponto central. Na Tabela 17, esta conclusão também pode ser verificada, onde as amostras 9 e 11 (ponto central) apresentaram os maiores valores de textura. Este fato indica que a adição de enzimas não foi favorável no que diz respeito ao aspecto textura do pão.

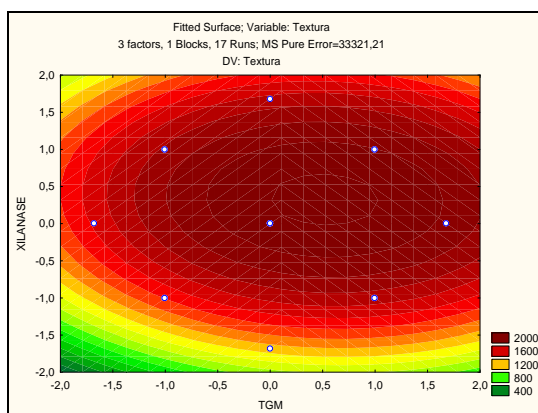


Figura 11. Gráfico bi-dimensional da variável textura.

d) *Cor do Miolo*

A Tabela 22 mostra os efeitos significativos para a variável cor do miolo. Pelos valores de “p” apresentados, observa-se que, com 90% de confiança, as enzimas amilase e xilanase interferem no resultado.

Quanto maior as concentrações de amilase e xilanase, maior a diferença de cor entre a amostra analisada e a amostra padrão.

A amostra 15 (Tabela 17) possui alta concentração de amilase, assim, o valor da diferença de cor é alto, ou seja, a diferença de cor entre a amostra e a padrão é maior.

Já a amostra 16, que possui ausência de xilanase, apresenta valor de diferença de cor baixo.

Tabela 22. Efeitos estimados para a variável cor (ΔE^*).

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	Cofic.	Cofic. Erro Padrão	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf
Média/Interação	2,57048	0,10827	23,74191	0,00177	2,10464	3,03632	2,57048	0,10827	2,10464	3,03632
(1)TGM (L)	0,23453	0,10175	2,30508	0,14763	-0,20325	0,67231	0,11727	0,05087	-0,10162	0,33616
TGM (Q)	-0,18834	0,11209	-1,68025	0,23492	-0,67063	0,29395	-0,09417	0,05605	-0,33532	0,14697
(2)AMILASE (L)	0,52556	0,10175	5,16539	0,03550	0,08778	0,96334	0,26278	0,05087	0,04389	0,48167
AMILASE (Q)	-0,64906	0,11209	-5,79043	0,02855	-1,13135	-0,16677	-0,32453	0,05605	-0,56567	-0,08338
(3)XILANASE(L)	0,73116	0,10175	7,18614	0,01882	0,29338	1,16894	0,36558	0,05087	0,14669	0,58447
XILANASE(Q)	-1,09632	0,11209	-9,78054	0,01029	-1,57861	-0,61403	-0,54816	0,05605	-0,78930	-0,30701
1L por 2L	0,16192	0,13288	1,21858	0,34724	-0,40981	0,73366	0,08096	0,06644	-0,20490	0,36683
1L por 3L	0,12522	0,13288	0,94239	0,44547	-0,44651	0,69696	0,06261	0,06644	-0,22325	0,34848
2L por 3L	0,90737	0,13288	6,82851	0,02078	0,33563	1,47910	0,45368	0,06644	0,16782	0,73955

Para a coordenada de luminosidade L^* a influência da amilase e xilanase também pode ser percebida, mas para as coordenadas de cromaticidade a^* e b^* percebe-se uma influência da transglutaminase juntamente com a xilanase. Estas influências podem ser observadas no APÊNDICE H.

Para a luminosidade, a amilase e a xilanase interferem negativamente, ou seja, quanto maior a concentração destas enzimas, menor o valor de L^* , assim, mais escura é a amostra. Conseqüentemente, quanto mais amilase e xilanase, maior é a diferença de cor entre a amostra analisada e a amostra padrão, uma vez que a amostra padrão apresentou um valor alto de L^* .

E, para cromaticidade, a transglutaminase e a xilanase interferem positivamente, quanto maior a concentração destas enzimas, maior o valor de a^* e de b^* , assim, a amostra tende mais para o vermelho e para o amarelo, sendo mais escura.

É interessante perceber que, assim como na análise sensorial, na físico-química a TGM interferiu positivamente na cor do miolo, ou seja, quanto mais transglutaminase, mais escura é a amostra.

Na tabela 23, pode-se perceber que a amostra 15, a qual possui a maior concentração de amilase, apresenta baixo valor de L^* e altos valores de a^* e b^* , resultando numa amostra escura, diferente da padrão, na qual o valor de L^* é alto.

Tabela 23. Planejamento experimental para as variáveis L^* , a^* e b^* .

Amostra	TGM	AMIL.	XILAN.	Coordenadas ^c		
				L^*	a^*	b^*
1	-1	-1	-1	76,50	-0,22	20,81
2	1	-1	-1	77,29	0,04	20,52
3	-1	1	-1	76,24	0,18	20,89
4	1	1	-1	76,59	-0,04	20,61
5	-1	-1	1	75,57	0,15	20,28
6	1	-1	1	77,12	0,10	20,87
7	-1	1	1	77,78	-0,07	19,87
8	1	1	1	75,53	0,08	23,30
9	0	0	0	74,89	0,05	22,74
10	0	0	0	74,32	0,01	22,45
11	0	0	0	74,48	0,06	22,07
12	-1,68	0	0	74,01	-0,11	22,37
13	1,68	0	0	74,31	0,22	22,69
14	0	-1,68	0	75,70	0,10	22,19
15	0	1,68	0	74,11	0,10	22,29
16	0	0	-1,68	76,56	-0,01	21,49
17	0	0	1,68	75,18	0,09	22,37
18	AMOSTRA PADRÃO			76,22	0,56	20,65

^c Coordenadas: L^* = coordenada de luminosidade, a^* e b^* = coordenadas de cromaticidade.

As amostras 9, 10 e 11, localizadas no ponto central do planejamento, também são

amostras com cor do miolo escura, onde os valores de L* são baixos e de a* e b* altos. Por sua vez, a amostra padrão é uma amostra com cor do miolo clara, onde o valor de L* é alto e os valores de a* e b* são baixos em relação às outras amostras.

De acordo com estas afirmativas, conclui-se que a adição das enzimas em determinadas concentrações, é capaz de escurecer a cor do miolo dos pães, característica esta na maioria das vezes positiva. Uma consideração importante a se fazer é que os valores encontrados são muito próximos, o que não chega a afetar a amostra padrão, mais clara que as outras.

e) *Altura das fatias e Volume Específico*

A altura das fatias está diretamente ligada ao volume específico do pão, pois quanto mais altas são as fatias, maior é o volume do pão.

Com 70% de confiança, as Tabelas 24 e 25 mostram, através dos valores de “p”, que a enzima amilase interfere na altura das fatias e, conseqüentemente, no volume do pão.

Tabela 24. Efeitos estimados para a variável altura das fatias.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	P	-70,% Nível Conf	+70,% Nível Conf	Coefic.	Coefic. Erro Padrão	-70,% Nível Conf	+70,% Nível Conf	
Média/Interação		98,96143	2,04373	48,42188	0,00043	96,12840	101,79447	98,96143	2,04373	96,12840	101,79447
(1)TGM (L)		1,26935	1,92063	0,66090	0,57662	-1,39305	3,93174	0,63467	0,96032	-0,69652	1,96587
TGM (Q)		0,50073	2,11592	0,23665	0,83496	-2,43237	3,43383	0,25037	1,05796	-1,21618	1,71692
(2)AMILASE (L)		2,98722	1,92063	1,55533	0,26013	0,32483	5,64961	1,49361	0,96032	0,16241	2,82481
AMILASE (Q)		-3,75097	2,11592	-1,77274	0,21828	-6,68407	-0,81787	-1,87548	1,05796	-3,34203	-0,40893
(3)XILANASE(L)		0,43680	1,92063	0,22742	0,84123	-2,22560	3,09919	0,21840	0,96032	-1,11280	1,54959
XILANASE(Q)		-1,27081	2,11592	-0,60060	0,60911	-4,20391	1,66229	-0,63540	1,05796	-2,10195	0,83114
1L por 2L		0,12500	2,50832	0,04983	0,96478	-3,35205	3,60205	0,06250	1,25416	-1,67602	1,80102
1L por 3L		-0,12500	2,50832	-0,04983	0,96478	-3,60205	3,35205	-0,06250	1,25416	-1,80102	1,67602
2L por 3L		1,62500	2,50832	0,64784	0,58352	-1,85205	5,10205	0,81250	1,25416	-0,92602	2,55102

Tabela 25. Efeitos estimados para a variável volume específico.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	P	-70,% Nível Conf	+70,% Nível Conf	Coefic.	Coefic. Erro Padrão	-70,% Nível Conf	+70,% Nível Conf	
Média/Interação		2,83496	0,10270	27,60319	0,00131	2,69259	2,97733	2,83496	0,10270	2,69259	2,97733
(1)TGM (L)		-0,08828	0,09652	-0,91467	0,45692	-0,22208	0,04551	-0,04414	0,04826	-0,11104	0,02276
TGM (Q)		-0,00019	0,10633	-0,00177	0,99875	-0,14759	0,14721	-0,00009	0,05317	-0,07379	0,07360
(2)AMILASE (L)		0,14528	0,09652	1,50520	0,27121	0,01149	0,27907	0,07264	0,04826	0,00574	0,13954
AMILASE (Q)		-0,05197	0,10633	-0,48872	0,67337	-0,19936	0,09543	-0,02598	0,05317	-0,09968	0,04772
(3)XILANASE(L)		-0,00737	0,09652	-0,07637	0,94608	-0,14116	0,12642	-0,00369	0,04826	-0,07058	0,06321
XILANASE(Q)		0,12237	0,10633	1,15085	0,36881	-0,02503	0,26977	0,06119	0,05317	-0,01251	0,13488
1L por 2L		0,19950	0,12605	1,58273	0,25431	0,02477	0,37424	0,09975	0,06303	0,01239	0,18712
1L por 3L		-0,05597	0,12605	-0,44403	0,70044	-0,23070	0,11876	-0,02799	0,06303	-0,11535	0,05938
2L por 3L		-0,13233	0,12605	-1,04980	0,40395	-0,30706	0,04240	-0,06616	0,06303	-0,15353	0,02120

Quanto maior a concentração de amilase, maior a altura das fatias e maior o volume do pão. Na Tabela 17 pode-se perceber que os maiores valores da altura encontram-se perto do ponto central.

A amostra 15 não possui adição de amilase, e assim, apresenta um dos menores valores de altura da fatia.

Pode-se perceber que a amostra 13, com maior quantidade de TGM, teve um alto valor para altura do pão, porém a amostra 12, sem TGM, teve um valor parecido, ou seja, a TGM neste caso não influenciou.

Estes resultados são contrários aos de Motoki e Seguro (1998) que estudaram as características e aplicações da TGM e observaram que a mesma era capaz de manter ou aumentar o volume do pão.

Gebruers *et al.* (2005) analisaram duas xilanases de origens diferentes e, enquanto uma não influenciou no volume do pão, a outra aumentou significativamente o volume devido ao aumento da viscosidade que ocorreu na massa. Observando a amostra 17 deste estudo, nota-se que a grande quantidade de xilanase não melhorou a altura e o volume do pão.

Segundo Linko; Jananainen e Linko (1997), a adição de a-amilase proporciona uma maior maciez e, conseqüentemente, um volume maior ao pão. Esta característica também foi percebida neste estudo, quando a adição de amilase causou o aumento da altura das fatias do pão e aumento do volume específico.

Para Romanowska; Polak e Bielecki (2006), o volume do pão é considerado um critério básico de qualidade, porque um insuficiente crescimento do pão, com miolo muito pesado, não é apenas desagradável, como também, dificulta a digestão. Em seu estudo, eles perceberam que a xilanase aumentava o volume do pão, resultado este que não foi percebido neste trabalho.

Sahlström e Bräthen (1997) perceberam que a adição de a-amilase não influenciava significativamente no volume do pão e que havia apenas uma pequena tendência a aumentar o volume quando a mesma era adicionada.

Katina *et al.* (2006) utilizaram uma mistura de enzimas (a-amilase, xilanase e lipase) e observou que a adição desta mistura no pão aumentou consideravelmente o volume do pão, em comparação com o pão de referência, sem enzimas.

Pode-se notar também que o maior valor de altura das fatias, e um dos maiores para volume específico, está na amostra padrão, sem adição de enzimas. Esta afirmativa significa que, para se ter uma boa altura das fatias e um volume específico alto não é necessário adicionar enzimas.

3.2 Pão Integral

3.2.1 Análises para Controle de Qualidade das Farinhas

A Tabela 26 apresenta o planejamento experimental para as três variáveis independentes (concentração de transglutaminase, amilase e xilanase) em relação a todas as análises realizadas nas farinhas e suas respectivas respostas.

Tabela 26. Planejamento experimental para as três variáveis independentes em relação às 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, para as análises de controle de qualidade das farinhas integrais.

Amostra	TGM	AMILASE	XILANASE	UMIDADE (%)	CINZAS (%)
1	-1	-1	-1	12,51	1,68
2	1	-1	-1	12,58	1,70
3	-1	1	-1	12,54	1,79
4	1	1	-1	12,55	1,63
5	-1	-1	1	12,49	1,65
6	1	-1	1	12,53	1,68
7	-1	1	1	12,69	1,65
8	1	1	1	12,57	1,84
9	0	0	0	12,55	1,80
10	0	0	0	12,42	1,99
11	0	0	0	12,40	1,89
12	-1,68	0	0	12,46	1,85
13	1,68	0	0	12,57	1,75
14	0	-1,68	0	12,40	1,99
15	0	1,68	0	12,32	1,95
16	0	0	-1,68	12,39	1,92
17	0	0	1,68	12,25	1,86
18	AMOSTRA PADRÃO			12,35	1,90

Este resultado para as farinhas integrais já era esperado, assim como para farinhas brancas, uma vez que para se perceber algum efeito das enzimas na farinha é necessário que as mesmas tenham estado em contato com a água por um tempo controlado. Como análises de umidade e cinzas são realizadas a seco, não se pode perceber nenhum efeito da associação enzimática nas farinhas.

3.2.2 Análise Sensorial

Todos os atributos para pão integral foram analisados através do programa STATISTICA (VERSÃO Windows 7.0) tendo como base sempre a média dos 8 provadores

mais significativos, com exceção do atributo aceitação, onde a média considerada foi em relação aos 13 provadores que participaram da análise sensorial. Através da ANOVA dos atributos (APÊNDICE I), pode-se verificar que não houve diferença significativa entre os provadores ($F < F$ crítico), o que significa que eles estavam bem treinados e apresentaram respostas semelhantes. Para nenhuma análise realizada foi possível traçar gráficos bidimensionais, pois os modelos não foram significativos.

A Tabela 27 apresenta o planejamento experimental para as três variáveis independentes (concentração de transglutaminase, amilase e xilanase) em relação a todos os atributos analisados para as 17 amostras, com adição de enzimas, e para a amostra padrão, sem adição de enzima.

Tabela 27. Planejamento experimental para as três variáveis independentes em relação as 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, para a análise sensorial.

Amostra	TGM	AMILASE	XILANASE	Análises Realizadas									
				Apar. Miolo	Cor Miolo	Cor Crosta	Aroma	Porosid.	Sabor	Sabor residual	Mastigab.	Adesivid.	Acetit.
1	-1	-1	-1	8,09	4,93	3,21	5,49	8,35	6,48	5,89	2,84	3,80	5,16
2	1	-1	-1	8,10	5,19	2,31	5,70	8,35	4,70	5,06	4,00	3,87	5,81
3	-1	1	-1	7,88	4,73	2,68	5,98	7,70	5,25	5,66	2,85	3,05	5,97
4	1	1	-1	8,12	4,64	2,65	6,05	7,73	6,96	6,19	2,23	2,82	6,08
5	-1	-1	1	7,96	5,23	3,00	5,53	7,81	6,78	5,94	2,81	2,31	5,24
6	1	-1	1	8,61	4,64	3,66	6,31	8,48	6,34	5,29	2,35	2,99	5,60
7	-1	1	1	7,61	5,18	2,80	5,64	7,56	6,29	6,55	2,28	2,27	5,59
8	1	1	1	8,31	4,78	2,56	5,28	7,59	5,58	5,80	2,07	2,66	5,83
9	0	0	0	8,31	4,84	3,14	5,56	8,38	5,93	5,95	3,05	3,80	5,96
10	0	0	0	8,58	5,96	4,06	6,45	8,36	6,68	6,55	4,27	3,87	5,36
11	0	0	0	8,35	4,58	3,80	5,76	8,43	4,86	5,71	3,18	2,70	6,63
12	-1,68	0	0	7,96	4,31	0,94	6,49	8,14	6,38	6,95	3,27	4,20	5,37
13	1,68	0	0	8,43	4,24	0,41	7,33	8,50	6,31	7,21	2,71	3,70	5,42
14	0	-1,68	0	7,93	4,53	3,15	6,60	8,45	6,71	6,26	3,38	2,53	6,24
15	0	1,68	0	8,23	4,96	0,65	6,91	8,11	6,26	3,58	2,06	3,30	6,26
16	0	0	-1,68	8,42	4,49	2,69	6,19	8,40	6,45	5,23	2,88	4,15	6,01
17	0	0	1,68	7,88	4,80	2,60	6,85	7,83	5,53	4,91	2,70	2,70	6,08
18	AMOSTRA PADRÃO			8,46	5,85	3,20	6,65	8,73	6,64	6,74	4,17	2,83	5,35

a) Aparência do Miolo

A Tabela 28 mostra os efeitos significativos para a variável aparência do miolo. Pelos valores de “p” apresentados, observa-se que a enzima transglutaminase, com 90% de confiança, interferiu positivamente nesta variável. Aumentando a concentração desta enzima na formulação, aumenta o valor das notas dos provadores em relação à aparência do miolo, ou seja, a primeira impressão causada ao olhar a amostra neste caso é considerada melhor.

É possível observar esta relação através das amostras 12 e 13 (Tabela 27), onde a amostra 12, sem adição de TGM apresentou um dos menores valores para a aparência do miolo, enquanto a amostra 13, com a maior concentração de TGM estudada, apresentou um valor alto para aparência. Pode ser observado também, que a amostra padrão, sem adição de enzimas, recebeu um valor alto e bem parecido com o valor da amostra 13 para esta variável, o que sugere que não seja necessária a adição de enzimas para melhorar a aparência do miolo do pão.

De acordo com Basman; Koxsel e Ng (2002), baixos níveis de transglutaminase têm improvisado efeito nas características do miolo do pão de trigo e da crosta, semelhante com os resultados encontrados neste trabalho.

Tabela 28. Efeitos estimados para a variável aparência do miolo.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	
	Média/Interação	8,415972	0,083953	100,2464	0,000099	8,17083	8,661113	8,415972	0,083953	8,170830	8,661113
(1)	TGM (L)	0,350258	0,078896	4,43950	0,047177	0,11988	0,580633	0,175129	0,039448	0,059941	0,290317
	TGM (Q)	-0,172373	0,086918	-1,98320	0,185813	-0,42617	0,081426	-0,086187	0,043459	-0,213086	0,040713
(2)	AMILASE (L)	-0,049250	0,078896	-0,62420	0,596189	-0,27963	0,181126	-0,024625	0,039448	-0,139812	0,090563
	AMILASE (Q)	-0,253864	0,086918	-2,92070	0,099956	-0,50766	-0,000065	-0,126932	0,043459	-0,253832	-0,000032
(3)	XILANASE(L)	-0,089001	0,078896	-1,12810	0,376416	-0,31938	0,141375	-0,044500	0,039448	-0,159688	0,070687
	XILANASE(Q)	-0,204261	0,086918	-2,35000	0,143181	-0,45806	0,049538	-0,102131	0,043459	-0,229030	0,024769
	1L por 2L	0,070000	0,103037	0,67940	0,566987	-0,23087	0,370867	0,035000	0,051519	-0,115434	0,185434
	1L por 3L	0,275000	0,103037	2,66890	0,116383	-0,02587	0,575867	0,137500	0,051519	-0,012934	0,287934
	2L por 3L	-0,115000	0,103037	-1,11610	0,380487	-0,41587	0,185867	-0,057500	0,051519	-0,207934	0,092934

b) *Cor do Miolo*

A tabela 29 mostra os efeitos para a variável cor do miolo. Pode-se notar, através dos valores de “p”, que, nenhuma enzima interferiu nesta variável.

É interessante observar que a amostra padrão recebeu o segundo maior valor para cor do miolo, ou seja, a adição de enzimas foi capaz de clarear a cor do miolo dos pães integrais.

Tabela 29. Efeitos estimados para a variável cor do miolo.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	P	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	Coefic.	Coefic. Erro Padrão	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf
Média/Interação	5,100268	0,422484	12,07211	0,006792	4,42279	5,777749	5,100268	0,422484	4,422787	5,777749
(1)TGM (L)	-0,137430	0,397036	-0,34614	0,762260	-0,77410	0,499244	-0,068715	0,198518	-0,387052	0,249622
TGM (Q)	-0,426805	0,437406	-0,97577	0,432091	-1,12821	0,274604	-0,213403	0,218703	-0,564107	0,137302
(2)AMILASE (L)	0,009146	0,397036	0,02304	0,983713	-0,62753	0,645820	0,004573	0,198518	-0,313764	0,322910
AMILASE (Q)	-0,093755	0,437406	-0,21434	0,850147	-0,79516	0,607654	-0,046878	0,218703	-0,397582	0,303827
(3)XILANASE(L)	0,126173	0,397036	0,31779	0,780758	-0,51050	0,762847	0,063086	0,198518	-0,255251	0,381423
XILANASE(Q)	-0,164617	0,437406	-0,37635	0,742832	-0,86603	0,536792	-0,082309	0,218703	-0,433013	0,268396
1L por 2L	-0,040000	0,518524	-0,07714	0,945533	-0,87149	0,791487	-0,020000	0,259262	-0,435744	0,395744
1L por 3L	-0,290000	0,518524	-0,55928	0,632243	-1,12149	0,541487	-0,145000	0,259262	-0,560744	0,270744
2L por 3L	0,210000	0,518524	0,40500	0,724691	-0,62149	1,041487	0,105000	0,259262	-0,310744	0,520744

c) *Cor da Crosta*

Observado a Tabela 30, que mostra os efeitos estimados para a variável cor da crosta, pode-se perceber que, com 90% de confiança, a amilase interferiu negativamente nesta variável.

As amostras 14 e 15 (tabela 27) mostram claramente a ação da amilase. A amostra 14, onde não foi adicionada amilase, o valor para cor da crosta é um dos maiores, enquanto na amostra 15, onde a concentração desta enzima é a maior, o valor para esta variável é um dos menores.

Os resultados encontrados neste trabalho discordam dos encontrados por Sahlström e Bräthen (1997), onde eles perceberam que a adição de a-amilase causou um significativo escurecimento na crosta, quando comparado com pães sem adição de enzimas.

É interessante notar que o valor para a variável cor da crosta da amostra padrão foi um dos maiores, ficando acima ainda do valor da amostra 14. Desta forma pode-se dizer que para aumentar a intensidade da cor da crosta não é preciso adicionar amilase.

Tabela 30. Efeitos estimados para a variável cor da crosta.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	P	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	Coefic.	Coefic. Erro Padrão	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf
Média/Interação	3,584000	0,273246	13,11640	0,005762	2,78613	4,381873	3,584000	0,273246	2,78613	4,381873
(1)TGM (L)	-0,205270	0,256787	-0,799360	0,507933	-0,95508	0,544550	-0,102633	0,128394	-0,47754	0,272275
TGM (Q)	-1,566610	0,282897	-5,537750	0,031096	-2,39266	-0,740556	-0,783305	0,141448	-1,19633	-0,370278
(2)AMILASE (L)	-0,834020	0,256787	-3,247890	0,083145	-1,58383	-0,084203	-0,417009	0,128394	-0,79192	-0,042101
AMILASE (Q)	-0,698550	0,282897	-2,469290	0,132240	-1,52461	0,127500	-0,349277	0,141448	-0,76230	0,063750
(3)XILANASE(L)	0,149330	0,256787	0,581540	0,619689	-0,60048	0,899146	0,074666	0,128394	-0,30024	0,449573
XILANASE(Q)	-0,170630	0,282897	-0,603170	0,607686	-0,99669	0,655419	-0,085317	0,141448	-0,49834	0,327710
1L por 2L	-0,007500	0,335361	-0,022360	0,984188	-0,98675	0,971748	-0,003750	0,167680	-0,49337	0,485874
1L por 3L	0,337500	0,335361	1,006380	0,420202	-0,64175	1,316748	0,168750	0,167680	-0,32087	0,658374
2L por 3L	-0,277500	0,335361	-0,827470	0,494987	-1,25675	0,701748	-0,138750	0,167680	-0,62837	0,350874

d) *Aroma*

A Tabela 31 apresenta os efeitos estimados para a variável aroma, e, através dos valores de “p” encontrados, pode-se perceber que nenhuma enzima interferiu nesta variável.

Ao contrário dos resultados deste trabalho, Bowles (1996) e Pylar (1988) afirmam que, quando a amilase é adicionada, o aroma do pão é realçado tanto pelos açúcares simples produzidos pela ação dela, quanto pelos produtos da Reação de Maillard.

A amostra que apresentou o maior valor para o aroma característico de pão foi a 13 (Tabela 27), onde a concentração de TGM é a maior. Porém, o valor encontrado para a amostra padrão não ficou muito inferior, o que permite afirmar que o aroma das amostras não foi significativamente afetado pela adição das enzimas.

Tabela 31. Efeitos estimados para a variável aroma.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	Cofic.	Cofic. Erro Padrão	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	
	Média/Interação	5,992100	0,269022	22,27364	0,002010	5,56071	6,423495	5,992100	0,269022	5,560705	6,423495
(1)	TGM (L)	0,309451	0,252818	1,22401	0,345571	-0,09596	0,714862	0,154726	0,126409	-0,047980	0,357431
	TGM (Q)	0,238874	0,278524	0,85764	0,481458	-0,20776	0,685506	0,119437	0,139262	-0,103879	0,342753
(2)	AMILASE (L)	0,064611	0,252818	0,25556	0,822171	-0,34080	0,470021	0,032305	0,126409	-0,170400	0,235011
	AMILASE (Q)	0,129038	0,278524	0,46329	0,688681	-0,31759	0,575670	0,064519	0,139262	-0,158797	0,287835
(3)	XILANASE(L)	0,095098	0,252818	0,37615	0,742956	-0,31031	0,500509	0,047549	0,126409	-0,155156	0,250255
	XILANASE(Q)	-0,037487	0,278524	-0,13459	0,905259	-0,48412	0,409145	-0,018743	0,139262	-0,242059	0,204573
	1L por 2L	-0,320000	0,330177	-0,96918	0,434697	-0,84946	0,209461	-0,160000	0,165088	-0,424730	0,104730
	1L por 3L	0,035000	0,330177	0,10600	0,925254	-0,49446	0,564461	0,017500	0,165088	-0,247230	0,282230
	2L por 3L	-0,440000	0,330177	-1,33262	0,314200	-0,96946	0,089461	-0,220000	0,165088	-0,484730	0,044730

e) *Porosidade do Miolo*

Analisando a Tabela 32, pode-se ver através dos valores de “p” que, com 90% de confiança, todas as enzimas em estudo interferem na porosidade do miolo. A TGM influencia positivamente, enquanto a amilase e a xilanase influenciam negativamente, ou seja, quanto maior a concentração de TGM e menor a de amilase e xilanase, maior é o valor para porosidade da amostra, o que significa que a amostra é mais homogênea.

Esta afirmativa pode ser comprovada através das amostras 2 e 7 (Tabela 27). Enquanto a amostra 2, com concentração alta de TGM e baixa de amilase e xilanase, apresenta um valor alto para porosidade do miolo, a amostra 7, com concentração baixa de TGM e alta de amilase e xilanase, apresenta um valor baixo para esta variável.

Pode-se concluir que a associação das enzimas interfere no resultado, porém, o resultado não é significativo a ponto de ser necessária a adição de enzimas para deixar a amostra mais homogênea, uma vez que ao comparar a amostra padrão com as outras

amostras, percebe-se que a mesma apresenta o maior valor para a porosidade do miolo.

Tabela 32. Efeitos estimados para a variável porosidade do miolo.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	Cofic.	Cofic. Erro Padrão	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	
	Média/Interação	8,40884	0,020773	404,7974	0,000006	8,31946	8,498215	8,408836	0,020773	8,31946	8,498215
(1)TGM (L)	0,19565	0,019522	10,02220	0,009810	0,11165	0,279645	0,097825	0,009761	0,05583	0,139822	
TGM (Q)	-0,17569	0,021507	-8,16890	0,014657	-0,26822	-0,083149	-0,08784	0,010753	-0,13411	-0,041574	
(2)AMILASE (L)	-0,43697	0,019522	-22,38390	0,001990	-0,52097	-0,352977	-0,21848	0,009761	-0,26048	-0,176489	
AMILASE (Q)	-0,20403	0,021507	-9,48680	0,010929	-0,29657	-0,111494	-0,10201	0,010753	-0,14828	-0,055747	
(3)XILANASE(L)	-0,24150	0,019522	-12,37080	0,006471	-0,32549	-0,157503	-0,12074	0,009761	-0,16275	-0,078752	
XILANASE(Q)	-0,32095	0,021507	-14,92330	0,004460	-0,41349	-0,228415	-0,16047	0,010753	-0,20674	-0,114208	
1L por 2L	-0,15250	0,025495	-5,98150	0,026830	-0,26220	-0,042803	-0,07625	0,012748	-0,13110	-0,021402	
1L por 3L	0,16750	0,025495	6,56990	0,022393	0,05780	0,277197	0,083750	0,012748	0,02890	0,138598	
2L por 3L	0,03250	0,025495	1,27480	0,330466	-0,07720	0,142197	0,016250	0,012748	-0,03860	0,071098	

f) Sabor

Com 75% de confiança, percebe-se através dos valores de “p” na Tabela 33, que nenhuma enzima interfere nesta variável.

De acordo com a afirmativa acima estão os resultados encontrados na Tabela 27, onde pode-se perceber que um dos maiores valores para o sabor característico de pão está na amostra padrão, o que significa que, para se ter um sabor característico forte, não é preciso adicionar enzimas.

Tabela 33. Efeitos estimados para a variável sabor.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	Cofic.	Cofic. Erro Padrão	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	
	Média/Interação	5,840277	0,526980	11,08254	0,008044	4,99523	6,685325	5,840277	0,526980	4,995229	6,685325
(1)TGM (L)	-0,196060	0,495238	-0,39589	0,730426	-0,99021	0,598088	-0,098030	0,247619	-0,495104	0,299044	
TGM (Q)	0,256249	0,545593	0,46967	0,684819	-0,61865	1,131144	0,128125	0,272796	-0,309323	0,565572	
(2)AMILASE (L)	-0,143058	0,495238	-0,28887	0,799872	-0,93721	0,651089	-0,071529	0,247619	-0,468603	0,325545	
AMILASE (Q)	0,355456	0,545593	0,65150	0,581583	-0,51944	1,230350	0,177728	0,272796	-0,259719	0,615175	
(3)XILANASE(L)	0,007974	0,495238	0,01610	0,988616	-0,78617	0,802121	0,003987	0,247619	-0,393087	0,401061	
XILANASE(Q)	0,004690	0,545593	0,00860	0,993921	-0,87020	0,879585	0,002345	0,272796	-0,435102	0,439792	
1L por 2L	0,805000	0,646774	1,24464	0,339333	-0,23215	1,842146	0,402500	0,323387	-0,116073	0,921073	
1L por 3L	-0,270000	0,646774	-0,41746	0,716890	-1,30715	0,767146	-0,135000	0,323387	-0,653573	0,383573	
2L por 3L	-0,570000	0,646774	-0,88130	0,471118	-1,60715	0,467146	-0,285000	0,323387	-0,803573	0,233573	

f) Sabor Residual

O sabor residual é o sabor que permanece na boca após deglutir a amostra. Geralmente esta característica é observada em pães integrais, onde o sabor das fibras é mais intenso e permanece na boca após a deglutição.

A Tabela 34 mostra, através dos valores de “p” encontrados, que nenhuma enzima interferiu nesta variável.

Tabela 34. Efeitos estimados para a variável sabor residual.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	
	Média/Interação	6,061239	0,249275	24,31543	0,001687	5,33336	6,789120	6,061239	0,249275	5,333359	6,789120
(1)	TGM (L)	-0,185155	0,234261	-0,79038	0,512139	-0,86919	0,498883	-0,092577	0,117130	-0,434596	0,249441
	TGM (Q)	0,774344	0,258080	3,00041	0,095444	0,02076	1,527933	0,387172	0,129040	0,010378	0,763967
(2)	AMILASE (L)	-0,363860	0,234261	-1,55323	0,260579	-1,04790	0,320177	-0,181930	0,117130	-0,523949	0,160089
	AMILASE (Q)	-0,756268	0,258080	-2,93037	0,099395	-1,50986	-0,002679	-0,378134	0,129040	-0,754928	-0,001339
(3)	XILANASE(L)	0,035530	0,234261	0,15167	0,893365	-0,64851	0,719568	0,017765	0,117130	-0,324254	0,359784
	XILANASE(Q)	-0,649975	0,258080	-2,51851	0,128063	-1,40356	0,103614	-0,324988	0,129040	-0,701782	0,051807
	1L por 2L	0,315000	0,305941	1,02961	0,411421	-0,57834	1,208344	0,157500	0,152971	-0,289172	0,604172
	1L por 3L	-0,275000	0,305941	-0,89887	0,463587	-1,16834	0,618344	-0,137500	0,152971	-0,584172	0,309172
	2L por 3L	0,055000	0,305941	0,17977	0,873896	-0,83834	0,948344	0,027500	0,152971	-0,419172	0,474172

Apesar da constatação citada anteriormente, pode-se perceber que a amostra 13 (Tabela 27), com maior concentração de TGM foi a amostra que apresentou maior sabor residual. Portanto, em relação a amostra padrão, sem enzimas, o valor não foi muito diferente, o que confirma a idéia de que as enzimas, nestas concentrações utilizadas, não interferiram no sabor residual

g) *Mastigabilidade*

A tabela 35 mostra, através dos valores de “p” que, com 80% de confiança, a enzima amilase interfere negativamente na mastigabilidade, ou seja, quanto maior a concentração de amilase, menor o tempo requerido para mastigar uma amostra para reduzi-la a consistência adequada para deglutição.

Tabela 35. Efeitos estimados para a variável mastigabilidade.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-80,% Nível Conf	+80,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-80,% Nível Conf	+80,% Nível Conf	
	Média/Interação	3,507509	0,386012	9,086520	0,011896	2,77964	4,235381	3,507509	0,386012	2,779637	4,235381
(1)	TGM (L)	-0,156954	0,362762	-0,432660	0,707446	-0,84098	0,527076	-0,078477	0,181381	-0,420492	0,263538
	TGM (Q)	-0,411656	0,399646	-1,030050	0,411255	-1,16524	0,341924	-0,205828	0,199823	-0,582618	0,170962
(2)	AMILASE (L)	-0,701747	0,362762	-1,934460	0,192722	-1,38578	-0,017718	-0,350874	0,181381	-0,692888	-0,008859
	AMILASE (Q)	-0,602983	0,399646	-1,508790	0,270396	-1,35656	0,150597	-0,301491	0,199823	-0,678282	0,075299
(3)	XILANASE(L)	-0,397573	0,362762	-1,095960	0,387447	-1,08160	0,286457	-0,198786	0,181381	-0,540801	0,143228
	XILANASE(Q)	-0,553380	0,399646	-1,384670	0,300395	-1,30696	0,200200	-0,276690	0,199823	-0,653480	0,100100
	1L por 2L	-0,382500	0,473762	-0,807370	0,504210	-1,27583	0,510833	-0,191250	0,236881	-0,637917	0,255417
	1L por 3L	-0,302500	0,473762	-0,638510	0,588504	-1,19583	0,590833	-0,151250	0,236881	-0,597917	0,295417
	2L por 3L	0,237500	0,473762	0,501310	0,665892	-0,65583	1,130833	0,118750	0,236881	-0,327917	0,565417

Considerando que o pão integral por natureza já tem uma mastigabilidade maior que o pão branco, é interessante que a mastigabilidade seja a menor possível para o pão ter uma boa aceitação, ou seja, é importante a adição de amilase.

Observando a Tabela 27, pode-se notar que a amostra padrão apresentou um valor relativamente alto para mastigabilidade, enquanto a amostra 15, com a maior concentração de amilase, apresentou o menor valor para esta variável.

Através das afirmativas anteriores é possível afirmar que a adição de amilase, para esta variável, é importante, uma vez que os valores encontrados foram bem diferentes.

h) Adesividade

Através da tabela 36, observa-se, que com 85% de confiança, apenas a enzima xilanase tem efeito significativo negativo na variável adesividade. Quanto maior a concentração de xilanase, menor a força requerida para remover o material que adere a boca durante o processo normal de comer.

O pão integral, por ser um pão mais consistente, assim como para a mastigabilidade, para a adesividade é interessante que o valor seja o menor possível, para o pão ter boa aceitação.

Observando a Tabela 27, percebe-se que a amostra 16, a qual apresenta ausência de xilanase, obteve o maior valor para adesividade. Já a amostra 17, que possui a maior concentração de xilanase, apresenta um dos menores valores para adesividade.

Um fato interessante é que a amostra padrão, sem adição de xilanase, apresentou um valor de adesividade bem parecido com o valor da amostra 17. Assim, pode-se concluir que, se o objetivo é obter uma baixa adesividade, não é necessária a utilização de enzimas.

Tabela 36. Efeitos estimados para a variável adesividade.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-85,% Nível Conf	+85,% Nível Conf	Coefic.	Coefic. Erro Padrão	-85,% Nível Conf	+85,% Nível Conf	
	Média/Interação	3,487139	0,378077	9,22335	0,011552	2,62439	4,349884	3,487139	0,378077	2,624393	4,349884
	(1)TGM (L)	0,010260	0,355304	0,02888	0,979585	-0,80052	0,821040	0,005130	0,177652	-0,400259	0,410520
	TGM (Q)	0,145619	0,391431	0,37202	0,745599	-0,74760	1,038836	0,072810	0,195715	-0,373799	0,519418
	(2)AMILASE (L)	-0,128459	0,355304	-0,36155	0,752314	-0,93924	0,682320	-0,064230	0,177652	-0,469619	0,341160
	AMILASE (Q)	-0,587799	0,391431	-1,50167	0,272012	-1,48102	0,305418	-0,293900	0,195715	-0,740508	0,152709
	(3)XILANASE(L)	-0,842226	0,355304	-2,37044	0,141223	-1,65300	-0,031446	-0,421113	0,177652	-0,826502	-0,015723
	XILANASE(Q)	-0,226405	0,391431	-0,57840	0,621445	-1,11962	0,666813	-0,113202	0,195715	-0,559811	0,333406
	1L por 2L	-0,147500	0,464022	-0,31787	0,780701	-1,20637	0,911367	-0,073750	0,232011	-0,603183	0,455683
	1L por 3L	0,307500	0,464022	0,66268	0,575686	-0,75137	1,366367	0,153750	0,232011	-0,375683	0,683183
	2L por 3L	0,357500	0,464022	0,77044	0,521604	-0,70137	1,416367	0,178750	0,232011	-0,350683	0,708183

i) Aceitação

Através dos valores de “p” apresentados na Tabela 37, pode-se perceber que nenhuma enzima interferiu na aceitação.

Observando a Tabela 27, nota-se que todos os valores para esta variável ficaram muito próximos, não permitindo obtenção de modelo estatístico. Uma consideração importante é o fato de que o maior valor para esta variável apresenta-se no ponto central, o que significa, segundo os provadores, que é a melhor concentração das enzimas em estudo.

Tabela 37. Efeitos estimados para a variável aceitação.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf
Média/Interação	5,998946	0,366382	16,37345	0,003709	5,411430	6,586465	5,998946	0,366382	5,411427	6,586465
(1)TGM (L)	0,212284	0,344314	0,61654	0,600366	-0,339850	0,764414	0,106142	0,172157	-0,169923	0,382207
TGM (Q)	-0,520396	0,379323	-1,37191	0,303710	-1,128670	0,087874	-0,260198	0,189661	-0,564333	0,043937
(2)AMILASE (L)	0,247462	0,344314	0,71871	0,546944	-0,304670	0,799593	0,123731	0,172157	-0,152334	0,399796
AMILASE (Q)	0,084459	0,379323	0,22266	0,844474	-0,523810	0,692729	0,042229	0,189661	-0,261905	0,346364
(3)XILANASE(L)	-0,096196	0,344314	-0,27938	0,806192	-0,648330	0,455935	-0,048098	0,172157	-0,324163	0,227967
XILANASE(Q)	-0,059795	0,379323	-0,15764	0,889220	-0,668070	0,548475	-0,029898	0,189661	-0,334033	0,274237
1L por 2L	-0,166071	0,449669	-0,36932	0,747326	-0,887150	0,555003	-0,083036	0,224835	-0,443573	0,277502
1L por 3L	-0,037500	0,449669	-0,08339	0,941133	-0,758570	0,683575	-0,018750	0,224835	-0,379287	0,341787
2L por 3L	-0,126786	0,449669	-0,28195	0,804477	-0,847860	0,594289	-0,063393	0,224835	-0,423930	0,297145

3.2.3 Análises Físico-Químicas

Todas as análises foram realizadas em triplicata. O valor médio para as 17 amostras com associações enzimáticas foi analisado através da tabela de efeitos significativos do programa STATISTICA for Windows (VERSÃO 7.0). Após, as amostras foram comparadas com a amostra padrão, sem adição de enzimas. Para nenhuma análise realizada foi possível traçar gráficos bidimensionais, pois os modelos não foram significativos.

A Tabela 38 apresenta o planejamento experimental para as três variáveis independentes (concentração de transglutaminase, amilase e xilanase) em relação a todas as análises realizadas.

Tabela 38. Planejamento experimental para as três variáveis independentes em relação às 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, para as análises físico-químicas.

Amostra	TGM	AMILASE	XILANASE	Análises Realizadas					
				Umidade (%)	Cinzas (%)	Textura (g)	ΔE^{*d}	Altura (mm)	Vol. Específico (cm ³ /g)
1	-1	-1	-1	33,69	2,29	4079,90	0,79	84,00	2,40
2	1	-1	-1	34,06	2,32	4302,10	0,64	84,00	2,03
3	-1	1	-1	32,17	2,47	3170,10	0,93	84,50	2,15
4	1	1	-1	32,88	2,38	3350,10	0,59	77,00	2,37
5	-1	-1	1	33,53	2,45	3534,40	0,46	77,00	2,52
6	1	-1	1	33,20	2,47	2999,60	0,46	81,00	2,48
7	-1	1	1	33,12	2,40	4323,00	0,42	80,50	2,49
8	1	1	1	33,23	2,53	4796,40	1,00	81,00	2,43
9	0	0	0	33,96	2,42	4665,60	0,86	80,50	2,47
10	0	0	0	34,33	2,69	4326,50	0,83	84,50	2,32
11	0	0	0	33,39	2,51	4075,10	0,60	82,50	2,22
12	-1,68	0	0	33,62	2,53	3914,20	1,09	86,50	2,29
13	1,68	0	0	32,47	2,43	4115,00	1,14	80,50	1,98
14	0	-1,68	0	32,55	2,48	3938,60	1,50	86,00	1,80
15	0	1,68	0	33,44	2,50	2997,70	0,69	87,00	1,97
16	0	0	-1,68	32,49	2,47	3424,10	1,73	85,50	2,19
17	0	0	1,68	33,49	2,40	3507,70	0,74	83,50	2,03
18	AMOSTRA PADRÃO			33,13	2,55	4285,90		83,50	1,93

^d ΔE^{*} = diferença de cor

a) Umidade

A Tabela 39 apresenta os efeitos estimados para a variável umidade, e, através dos valores de “p” pode-se perceber que nenhuma enzima interferiu nesta variável.

Observando a Tabela 38, nota-se que todos os valores para umidade ficaram muito próximos, não permitindo obtenção de modelo estatístico para esta variável.

Tabela 39. Efeitos estimados para a variável umidade.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	Cofic.	Cofic. Erro Padrão	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf
Média/Interação	33,87116	0,27193	124,55814	0,00006	33,43510	34,30721	33,87116	0,27193	33,43510	34,30721
(1)TGM (L)	-0,15735	0,25555	-0,61573	0,60081	-0,56714	0,25244	-0,07868	0,12778	-0,28357	0,12622
TGM (Q)	-0,47348	0,28153	-1,68177	0,23464	-0,92494	-0,02202	-0,23674	0,14077	-0,46247	-0,01101
(2)AMILASE (L)	-0,23351	0,25555	-0,91375	0,45731	-0,64330	0,17628	-0,11675	0,12778	-0,32165	0,08814
AMILASE (Q)	-0,50585	0,28153	-1,79676	0,21421	-0,95731	-0,05439	-0,25293	0,14077	-0,47866	-0,02720
(3)XILANASE(L)	0,28640	0,25555	1,12070	0,37892	-0,12340	0,69619	0,14320	0,12778	-0,06170	0,34809
XILANASE(Q)	-0,51545	0,28153	-1,83084	0,20860	-0,96691	-0,06399	-0,25772	0,14077	-0,48345	-0,03199
1L por 2L	0,19570	0,33375	0,58638	0,61699	-0,33948	0,73089	0,09785	0,16687	-0,16974	0,36544
1L por 3L	-0,32405	0,33375	-0,97096	0,43399	-0,85924	0,21113	-0,16203	0,16687	-0,42962	0,10557
2L por 3L	0,57693	0,33375	1,72864	0,22602	0,04174	1,11211	0,28846	0,16687	0,02087	0,55606

b) *Cinzas*

A Tabela 40 apresenta os efeitos estimados para a variável cinzas, e, através desta pode-se perceber que nenhuma enzima interferiu nesta variável.

Tabela 40. Efeitos estimados para a variável cinzas.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	Cofic.	Cofic. Erro Padrão	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf
Média/Interação	2,54484	0,07860	32,37764	0,00095	2,41880	2,67088	2,54484	0,07860	2,41880	2,67088
(1)TGM (L)	-0,01232	0,07386	-0,16681	0,88286	-0,13077	0,10613	-0,00616	0,03693	-0,06538	0,05306
TGM (Q)	-0,06615	0,08137	-0,81290	0,50166	-0,19664	0,06434	-0,03307	0,04069	-0,09832	0,03217
(2)AMILASE (L)	0,03975	0,07386	0,53815	0,64435	-0,07870	0,15820	0,01988	0,03693	-0,03935	0,07910
AMILASE (Q)	-0,05906	0,08137	-0,72581	0,54340	-0,18955	0,07143	-0,02953	0,04069	-0,09478	0,03571
(3)XILANASE(L)	0,04243	0,07386	0,57441	0,62369	-0,07602	0,16087	0,02121	0,03693	-0,03801	0,08044
XILANASE(Q)	-0,09804	0,08137	-1,20476	0,35152	-0,22853	0,03245	-0,04902	0,04069	-0,11426	0,01623
1L por 2L	-0,00463	0,09647	-0,04799	0,96608	-0,15932	0,15006	-0,00231	0,04823	-0,07966	0,07503
1L por 3L	0,05074	0,09647	0,52598	0,65140	-0,10395	0,20543	0,02537	0,04823	-0,05198	0,10271
2L por 3L	-0,05956	0,09647	-0,61745	0,59987	-0,21425	0,09513	-0,02978	0,04823	-0,10713	0,04756

c) *Textura*

A Tabela 41 mostra os efeitos estimados para a variável textura. Pode-se notar, através dos valores de “p” que nenhuma enzima teve efeito significativo nesta variável.

De acordo com os resultados encontrados está o estudo realizado por Sahlström e Bräthen (1997), no qual também não foi observado nenhum efeito na firmeza do miolo ao utilizar a adição de enzimas. Quando testaram quatro preparações de a-amilase fúngica, observaram que todas as preparações causaram significante escurecimento da crosta e uma tendência para o aumento do volume dos pães.

Tabela 41. Efeitos estimados para a variável textura.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	Cofic.	Cofic. Erro Padrão	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf
Média/Interação	4341,444	170,729	25,42887	0,00154	4067,669	4615,219	4341,444	170,729	4067,669	4615,219
(1)TGM (L)	99,400	160,445	0,61952	0,59874	-157,885	356,685	49,700	80,223	-78,943	178,342
TGM (Q)	-146,087	176,759	-0,82647	0,49544	-429,531	137,358	-73,043	88,380	-214,766	68,679
(2)AMILASE (L)	-125,632	160,445	-0,78302	0,51561	-382,917	131,653	-62,816	80,223	-191,458	65,826
AMILASE (Q)	-533,310	176,759	-3,01716	0,09453	-816,755	-249,865	-266,655	88,380	-408,378	-124,933
(3)XILANASE(L)	130,694	160,445	0,81457	0,50088	-126,591	387,979	65,347	80,223	-63,295	193,990
XILANASE(Q)	-534,905	176,759	-3,02618	0,09405	-818,350	-251,460	-267,452	88,380	-409,175	-125,730
1L por 2L	241,500	209,539	1,15253	0,36826	-94,511	577,511	120,750	104,770	-47,255	288,755
1L por 3L	-115,900	209,539	-0,55312	0,63575	-451,911	220,111	-57,950	104,770	-225,955	110,055
2L por 3L	1111,800	209,539	5,30592	0,03373	775,789	1447,811	555,900	104,770	387,895	723,905

d) *Cor*

A Tabela 42 mostra os efeitos significativos para a variável cor do miolo. Pelos valores de “p” apresentados, observa-se que, com 90% de confiança, a enzima xilanase interferiu negativamente no resultado.

Quanto maior a concentração de xilanase, menor a diferença de cor entre a amostra analisada e a amostra padrão.

A amostra 16 (Tabela 38) possui ausência da enzima xilanase, e o valor da diferença de cor é alto, ou seja, a diferença de cor entre a amostra e a padrão é maior.

Já a amostra 17, que possui a maior concentração de xilanase, apresenta valor de diferença de cor baixo, ou seja, a amostra 17 é mais parecida com a amostra padrão.

Tabela 42. Efeitos estimados para a variável cor (ΔE^*).

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-90,% Nível Conf	+90,% Nível Conf
Média/Interação	0,80043	0,08190	9,77293	0,01031	0,68689	0,91396	0,80043	0,08190	0,68689	0,91396
(1)TGM (L)	0,02397	0,07697	0,31139	0,78496	-0,08273	0,13066	0,01198	0,03848	-0,04136	0,06533
TGM (Q)	0,01743	0,08480	0,20553	0,85618	-0,10012	0,13497	0,00871	0,04240	-0,05006	0,06749
(2)AMILASE (L)	-0,11276	0,07697	-1,46503	0,28053	-0,21946	-0,00607	-0,05638	0,03848	-0,10973	-0,00303
AMILASE (Q)	0,00689	0,08480	0,08123	0,94266	-0,11066	0,12443	0,00344	0,04240	-0,05533	0,06222
(3)XILANASE(L)	-0,33442	0,07697	-4,34481	0,04910	-0,44111	-0,22772	-0,16721	0,03848	-0,22056	-0,11386
XILANASE(Q)	0,10323	0,08480	1,21739	0,34760	-0,01431	0,22077	0,05161	0,04240	-0,00716	0,11039
1L por 2L	0,09819	0,10052	0,97677	0,43169	-0,04116	0,23753	0,04909	0,05026	-0,02058	0,11876
1L por 3L	0,26726	0,10052	2,65879	0,11712	0,12792	0,40661	0,13363	0,05026	0,06396	0,20330
2L por 3L	0,09864	0,10052	0,98126	0,42993	-0,04071	0,23798	0,04932	0,05026	-0,02035	0,11899

Para a coordenada de luminosidade L^* a influência da xilanase também pode ser percebida, mas para as coordenadas de cromaticidade a^* e b^* essa influência não aparece. Estas influências podem ser observadas no APÊNDICE J.

Para a luminosidade, a xilanase também interfere negativamente, ou seja, quanto maior a concentração desta enzima, menor o valor de L^* , assim, mais escura é a amostra. Conseqüentemente, quanto mais xilanase, menor é a diferença de cor entre a amostra analisada e a amostra padrão, uma vez que a amostra padrão apresentou um valor baixo de L^* .

Na tabela 43, pode-se perceber que as amostras 1, 2, 3 e 4, as quais possuem uma concentração baixa de xilanase, apresentam os valores mais baixos de L^* , o que significa que pequenas concentrações de xilanase já são capazes de escurecer a cor do miolo do pão.

A amostra 16, com ausência de xilanase, foi a amostra que apresentou maior valor para L^* , ou seja, a amostra com cor do miolo menos intensa.

De acordo com estas afirmativas, conclui-se que a adição da enzima xilanase em determinadas concentrações é capaz de escurecer a cor do miolo dos pães, característica esta na maioria das vezes positiva. Uma consideração importante a se fazer é que a diferença de cor entre a amostra com maior concentração de xilanase e a amostra padrão é tão pequena que não chega a ser necessária a adição da xilanase. Inclusive, observando a Tabela 43, pode-se perceber que a amostra padrão apresenta um valor de L* menor que o da amostra 17, com maior concentração de xilanase, o que significa que a amostra padrão ainda é mais escura.

Tabela 43. Planejamento experimental para as variáveis L*, a* e b*.

Amostra	TGM	AMILASE	XILANASE	Coordenadas ^e		
				L*	a*	b*
1	-1	-1	-1	51,74	7,67	19,08
2	1	-1	-1	51,93	7,71	19,10
3	-1	1	-1	51,62	7,65	19,16
4	1	1	-1	51,94	7,54	18,93
5	-1	-1	1	52,16	7,58	19,06
6	1	-1	1	52,76	7,43	18,84
7	-1	1	1	52,19	7,63	19,05
8	1	1	1	53,39	7,91	19,03
9	0	0	0	53,21	7,41	18,96
10	0	0	0	53,00	7,64	19,36
11	0	0	0	52,78	7,71	19,25
12	-1,68	0	0	53,29	7,62	19,42
13	1,68	0	0	53,47	7,33	19,02
14	0	-1,68	0	53,81	7,12	18,82
15	0	1,68	0	52,95	7,33	18,98
16	0	0	-1,68	54,08	7,23	19,03
17	0	0	1,68	52,70	7,20	18,33
18		AMOSTRA PADRÃO		52,45	7,75	18,74

^eCoordenadas: L* = coordenada de luminosidade, a* e b* = coordenadas de cromaticidade.

e) *Altura das fatias e Volume específico*

A altura das fatias está diretamente ligada ao volume específico do pão, pois quanto mais altas são as fatias, maior é o volume do pão.

Com 75% de confiança, as Tabelas 44 e 45 mostram, através dos valores de “p”, que as enzimas transglutaminase e xilanase interferiram negativamente na altura das fatias e, conseqüentemente, no volume do pão.

Tabela 44. Efeitos estimados para a variável altura das fatias.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf
Média/Interação	82,75701	1,15228	71,82048	0,00019	80,90926	84,60477	82,75701	1,15228	80,90926	84,60477
(1)TGM (L)	-1,91721	1,08287	-1,77049	0,21866	-3,65367	-0,18076	-0,95861	0,54144	-1,82683	-0,09038
TGM (Q)	-1,01172	1,19297	-0,84807	0,48571	-2,92474	0,90129	-0,50586	0,59649	-1,46237	0,45065
(2)AMILASE (L)	-0,19348	1,08287	-0,17867	0,87466	-1,92994	1,54298	-0,09674	0,54144	-0,96497	0,77149
AMILASE (Q)	1,11413	1,19297	0,93391	0,44894	-0,79889	3,02714	0,55706	0,59649	-0,39944	1,51357
(3)XILANASE(L)	-1,95826	1,08287	-1,80839	0,21227	-3,69471	-0,22180	-0,97913	0,54144	-1,84736	-0,11090
XILANASE(Q)	-0,30310	1,19297	-0,25408	0,82317	-2,21612	1,60991	-0,15155	0,59649	-1,10806	0,80495
1L por 2L	-2,75000	1,41421	-1,94454	0,19126	-5,01779	-0,48221	-1,37500	0,70711	-2,50889	-0,24111
1L por 3L	3,00000	1,41421	2,12132	0,16795	0,73221	5,26779	1,50000	0,70711	0,36611	2,63389
2L por 3L	2,50000	1,41421	1,76777	0,21913	0,23221	4,76779	1,25000	0,70711	0,11611	2,38389

Tabela 45. Efeitos estimados para a variável volume específico.

	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf	Coeffic.	Coeffic. Erro Padrão	-75,% Nível Conf	+75,% Nível Conf
Média/Interação	2,31285	0,07020	32,94432	0,00092	2,15265	2,47305	2,31285	0,07020	2,15265	2,47305
(1)TGM (L)	-0,11452	0,06598	-1,73575	0,22474	-0,26507	0,03603	-0,05726	0,03299	-0,13254	0,01802
TGM (Q)	0,00675	0,07268	0,09290	0,93445	-0,15911	0,17261	0,00338	0,03634	-0,07955	0,08631
(2)AMILASE (L)	0,03966	0,06598	0,60117	0,60879	-0,11089	0,19022	0,01983	0,03299	-0,05545	0,09511
AMILASE (Q)	-0,17071	0,07268	-2,34861	0,14332	-0,33657	-0,00485	-0,08535	0,03634	-0,16828	-0,00242
(3)XILANASE(L)	-0,18251	0,06598	-2,76625	0,10961	-0,03195	-0,33306	-0,09125	0,03299	-0,01598	-0,16653
XILANASE(Q)	-0,00985	0,07268	-0,13555	0,90459	-0,17571	0,15601	-0,00493	0,03634	-0,08786	0,07800
1L por 2L	0,14304	0,08616	1,66013	0,23876	-0,05358	0,33966	0,07152	0,04308	-0,02679	0,16983
1L por 3L	0,01423	0,08616	0,16521	0,88397	-0,18239	0,21086	0,00712	0,04308	-0,09119	0,10543
2L por 3L	-0,04377	0,08616	-0,50798	0,66195	-0,24039	0,15285	-0,02188	0,04308	-0,12019	0,07643

Quanto maior a concentração de transglutaminase e xilanase, menor a altura das fatias e menor o volume do pão. Na Tabela 38, pode-se observar que as amostras com maiores valores de alturas das fatias e volume específico são as amostras 12 e 16, com ausência de TGM e xilanase, respectivamente.

A amostra padrão, para as duas variáveis, apresentou valores mais baixos que os das amostras 12 e 16, onde existe uma associação enzimática, com a ausência de uma das enzimas. Porém, estes valores não são tão baixos a ponto de ser significativa a adição da associação enzimática.

Estes resultados são contrários aos de Motoki e Seguro (1998) e de Romanowska; Polak e Bielecki (2006), que estudaram as características e aplicações da TGM e xilanase, respectivamente, e observaram que as duas eram capazes de manter ou aumentar o volume do pão, o que não foi percebido neste trabalho.

4 CONCLUSÕES

Nas respostas sensoriais para pães brancos foi possível observar que praticamente todas as enzimas influenciaram nos resultados, porém a influência destas não foi significativa a ponto de ser considerada necessária a adição de enzimas.

Para aparência do miolo, a xilanase influenciou positivamente, enquanto a TGM influenciou negativamente. Quanto maior a concentração de xilanase, e menor a de TGM, melhor foi para os provadores a primeira impressão causada ao olhar a amostra. Porém, pode ser observado que a amostra padrão, sem adição de enzimas, recebeu um valor alto para esta variável, resultado este que sugere que não seja necessária a adição de enzimas para melhorar a aparência do miolo do pão.

Em relação à cor do miolo, a TGM agiu positivamente, enquanto a amilase negativamente. Quanto maior a concentração de TGM, mais escura foi a amostra. Apesar destes resultados, a amostra padrão apresentou o maior valor para intensidade de cor, o que significa que a adição da associação de enzimas acabou deixando a cor do miolo menos intensa.

A associação da TGM, juntamente com a xilanase, aumentou a porosidade do miolo, deixando o miolo mais homogêneo. Porém, mesmo com a adição destas enzimas em muitas amostras, o valor encontrado na amostra padrão foi o maior, ficando claro que não existe o por que de se adicionar as mesmas para melhorar esta característica.

A xilanase interferiu negativamente na variável sabor característico. Quanto maior a concentração da enzima nos pães, mais fraco é o valor para sabor característico encontrado. A amostra com associação de TGM – amilase, e ausência de xilanase, foi a que recebeu maior valor para esta variável, ficando pouca coisa acima do valor encontrado para a amostra padrão.

A amilase interferiu positivamente nas características mastigabilidade e adesividade, porém a amostra padrão recebeu o 2º maior valor para as duas variáveis, ficando nítido que, se o objetivo é obter uma mastigabilidade e adesividade altas, não é necessária a utilização de enzimas.

Para a variável aceitação, a xilanase teve interferência positiva. As amostras com maiores concentrações de xilanase apresentaram maiores notas para esta variável, ou seja, maior o grau do provador gostar da amostra. Porém, a nota recebida pela amostra padrão, sem enzimas, não tem um valor muito diferente das demais, o que significa que a adição de xilanase não é necessária.

Os resultados das análises físico-químicas de pães brancos mostram também que as enzimas influenciaram nos resultados, mas que a ausência delas não deixa a amostra pior, mas sim melhor que as amostras com enzimas.

A TGM e a xilanase influenciaram positivamente na textura da amostra, mas, como, quanto maiores os valores de textura, maior é a força em compressão realizada pelo equipamento sobre a amostra, ou seja, mais dura ela é, a adição destas enzimas não foi interessante.

Para cor do miolo, a adição da associação amilase-xilanase influencia positivamente nos resultados, assim, quanto maior a quantidade destas enzimas, mais intensa é a cor do miolo. Porém, os valores encontrados nas amostras com enzimas não diferem significativamente do valor da amostra padrão, um pouco mais clara que as outras.

Em relação à altura das fatias e ao volume específico dos pães brancos, é possível concluir que um dos maiores valores para estas características está na amostra padrão, o que significa que, para se ter uma boa altura das fatias e um volume específico alto não é necessário adicionar enzimas.

Para as análises sensoriais de pão integral, pode-se observar que as enzimas agiram um pouco diferente de como agiram para pão branco.

Enquanto a TGM agiu negativamente na aparência do miolo do pão branco, para pão integral ela agiu positivamente. Aumentando a concentração desta enzima na formulação, aumenta o valor das notas dos provadores em relação à aparência do miolo, porém pode ser observado também, que a amostra padrão recebeu um valor para esta variável, o que sugere que não seja necessária a adição de enzimas para melhorar a aparência do miolo do pão.

Em relação à cor da crosta, enquanto no pão branco nenhuma enzima interferiu nos resultados, para pão integral a amilase teve influência negativa, porém, como o valor da cor da crosta para a amostra padrão ainda ficou superior ao valor da amostra sem adição de amilase, pode-se dizer que para aumentar a intensidade da cor da crosta não é preciso adicionar amilase.

Assim como para pão branco, para pão integral a TGM aumentou a porosidade do miolo, deixando o miolo mais homogêneo. Porém, mesmo com a adição desta enzima em muitas amostras, o valor encontrado na amostra padrão foi o maior, ficando claro que não existe o por quê de se adicionar a mesma para melhorar esta característica.

Para a variável mastigabilidade, a amilase influenciou positivamente nos pães brancos, e negativamente nos pães integrais. Esta influência acabou sendo significativa, uma vez que para pão integral, que por natureza já tem uma mastigabilidade maior que o pão branco, é

interessante que a mastigabilidade seja a menor possível para o pão ter uma boa aceitação. Sendo assim, ficou confirmada a importância da amilase para esta variável.

A xilanase interferiu negativamente na adesividade dos pães integrais, assim, aumentando sua concentração, diminuiu o valor desta variável; um fator interessante, uma vez que para pão integral é importante se ter um valor não muito alto para adesividade.

Para as variáveis cor do miolo, aroma, sabor, sabor residual e aceitação, nenhuma enzima teve influência significativa.

Em relação aos resultados das análises físico-químicas dos pães integrais pode-se dizer que as enzimas influenciaram apenas nas variáveis cor do miolo, altura das fatias e volume específico.

A xilanase influenciou negativamente na cor do miolo do pão integral, sendo capaz de escurecer a cor, característica esta negativa. Uma consideração importante a se fazer é que a diferença de cor entra a amostra com maior concentração de xilanase e a amostra padrão é tão pequena que não chega a ser necessária a adição da enzima.

Enquanto, para pães brancos, a amilase influenciou na altura das fatias e no volume específico, para pães integrais, a transglutaminase e a xilanase influenciaram. Porém, a influência delas foi negativa, ou seja, para se ter uma maior altura das fatias e um volume maior, é melhor não adicionar estas enzimas.

Mesmo que muitos autores e indústrias de enzimas defendam o uso das mesmas para panificação, neste trabalho ficou comprovado que a adição delas não é necessária para se ter um pão com boa qualidade e com características exigidas pelos consumidores.

Observou-se que o efeito da associação das três enzimas testadas não foi significativo, pois na maioria das características avaliadas o melhor resultado foi o apresentado na amostra padrão, sem adição de enzimas. Apesar de, em alguns casos, as enzimas ou associações destas influenciarem em algumas variáveis, este resultado não chega a ser significativo a ponto de ser vantajosa a utilização das mesmas, visto que seu valor de mercado é bastante alto.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKTAS, N.; KILIC, B. Effect of microbial transglutaminase on thermal and eletrophoretic properties of ground beef. **LWT-Food Science and Technology**, Amsterdam, v.38, p.815-819, 2005.
- A.A.C.C. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods**, 9th Ed. St.Paul, 2000.
- ANDO, H.; ADACHI, M.; UMEDA, K.; MATSURA, A.; NONAKA, M.; UCHIO, R.; TANAKA, H.; MOTOKI, M. Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms. **Agricultural and Biological Chemistry**, Aichi, v.53, n.10, p.2613- 2617, 1989.
- BASMAN, A.; KOKSEL, H.; NG, K. W. Effects of increasing levels of transglutaminase on the rheological properties and bread quality characteristics of two wheat flours. **European Food Research and Technology**, Ankara, v. 215, p.419-424, 2002.
- BIELY, P. Microbial xylanolytic systems. **Trends in Biotechnology**, Bratislava, v.3, n.11, p.286-90, 1985.
- BOWLES, L. K. Amylolytic enzymes. **Baked Goods Freshness. Technology, Evaluation and Inhibition of Staling**, New York, v.3, p.105-129, 1996.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em 25 mai. 2006.
- CAMACHO, N., A.; AGUILAR, O. G. Production, Purification, and Characterization of a Low-Molecular-Mass Xylanase from *Aspergillus sp.* And Its Application in Baking. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Unam, v.104, p.159-171, 2003.
- COLLAR, C.; BOLLAÍN, C.; ANGIOLONI, A. Significance of microbial transglutaminase on the sensorial, mechanical and crumb grain pattern of enzyme supplemented fresh pan breads. **Journal of Food Engineering**, Cesina, v.70, p.479-488, 2005.
- COLLAR, C.; MARTINEZ, J. C.; ANDREU, P.; ARMERO, E. Effects os enzyme associations on bread dough performance. A response surface analysis. **Food Science and Technology International**, Valencia, v.6, n.3, p.217-226, 2000.
- COURTIN, C.M.; DELCOUR, J.A. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making. **Journal os Cereal Science**, Leuven, v.35, p.225-246, 2002.
- D'APPOLONIA, B.D. Factor for consideration in bread staling. IN: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCES IN BAKING SCIENCE AND TECHNOLOGY, Kansas State University, Manhattan, KS, 1984.
- DONDERO, M.; FIGUEROA, V.; MORALES, X.; CUROTTO, E. Transglutaminase effects on gelation capacity of thermally induced beef protein gels. **Food Chemistry**, *in press*, 2006.

- DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. Curitiba, Ed. Champagnat, 1996, 123p.
- EL-DASH, A.; CAMARGO, C.O.; DIAZ, N.M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1983, 350p.
- ESTELLER, M. S. **Fabricação de pães com reduzido teor calórico e modificações reológicas ocorridas durante o armazenamento**. 2004. 248f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica - Área de Tecnologia de Alimentos, São Paulo, 2004.
- FOLK, J.E.; FINLAYSON, J.S. The ϵ -(γ -glutamyl)lysine cross-link and the catalytic role of transglutaminase. **Advances in Protein Chemistry**, v.31, p.1-133, 1977.
- FREDERIX, S.A.; COURTIN, C.M.; DELCOUR, J.A. Impact of xylanases with different substrate selectivity on gluten-starch separation of wheat flour. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Heverlee, v.51, n.25, p.7338-7345, 2003.
- FREIMULLER, S. **Fibras: importância nutricional e funcional**. 2003. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- GEBRUERS, K.; COURTIN, C.M.; MOERS, K.; NOOTS, I.; TROGH, I.; DELCOUR, J.A. The bread-making functionalities of two *Aspergillus niger* endoxylanases are strongly dictated by their inhibitor sensitivities. **Enzyme and Microbial Technology**, Leuven, v.36, p.417-425, 2005.
- GERRARD, J.A.; FAYLE, S.E.; WILSON, A.J.; NEWBERRY, M.P.; ROSS, M.; KAVALE, S. Dough properties and crumb strength of white pan bread as affected by microbial transglutaminase. **Journal of Food Science**, Christchurch, v.63, n. 3, p.472-475, 1998.
- GIMÉNEZ, A., VARELA, P., SALVADOR, A., ARES, G., FISZMAN, S., GARITTA, L. Shelf life estimation of brown pan bread: A consumer approach. **Food Quality and Preference**, *in press*, 2005.
- GUJRAL, H.S.; ROSELL, C.M. Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. **Journal of Cereal Science**, Amritsar, v.39, p.225-230, 2004.
- HAMMES, G. & WOOD, L. F. J. **Enzymes in Food Processing**. Second ed. **Blackier Academic and Professional**, Glasgon, UK, p.191-222, 1995.
- HOSENEY, R.C. Back to the Basics: Bread Baking. **Cereal Foods World**, Manhattan, v.39, n.3, p.180-183, 1994.
- HOSENEY, R.C., HE, H. Changes in Bread Firmness and Moisture During long- term Storage. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.67, n.6, p.603-605, 1990.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**, São Paulo, 3º ed., 1985, 533 p.

KATINA, K., SALMENKALLIO-MARTTILA, M., PARTANEN, R., FORSSELL, P., AUTIO, K. Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. **LWT-Food Science and Technology**, VTT, v.39, p.479-491, 2006.

KNIGHT, I. M. & MAZZIERO, G. Aplicação de Enzimas Amilolíticas em Panificação. **Higiene Alimentar**, Campinas, v.14, n.72. p.35-46, maio 2000.

LARRE, C.; DENERY, P.S.; POPINEAU, Y.; DESHAYES, G.; DESSERME, C.; LEFEBVRE, J. Biochemical analysis and rheological properties of gluten modified by transglutaminase. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.77, n.2, p.121-127, 2000.

LEE, M.R., SWANSON, B.G., BAIK, B.K. Influence of amylose content on properties of wheat starch and breadmaking quality of starch and gluten blends. **Cereal Chemistry**, St.Paul, v.78, n.6, p.701-706, 2001.

LINKO, Y.; JAVANAINEN, P.; LINKO, S. Biotechnology of bread baking. **Trends in Food Science and Technology**, Helsinki, v.8, p.339-344, 1997.

LÓPEZ, G.F.G.; CANOVAS, G.V.B. **Food Science and Food Biotechnology**, Flórida, Boca Raton: CRC Press, 2003, 1 CD-ROM.

LORAND, L. Transglutaminase: Remembering Heinrich Waelsch. **Neurochemistry International**, Oxford, v.40, n.1, p.7-12, 2002.

LORENZEN, P.C.; NEVE, H.; MAUTNER, A.; SCHLIMME, E. Effect of enzymatic crosslinking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt. **International Journal of Dairy Technology**, Kiel, v.55, n.3, p.152-157, 2002.

LOSCHKE, I. K. Enzymes in baking. **The World of Ingredients**, p.22-25, May-June, 1995.

MARTIN, M.L., ZELEZNAK, K.J., HOSENEY, R.C. A mechanism of bread firming. I. Role of starch swelling. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.68, n.5, p.498-503, 1991.

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

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Japão, 49 p., 1994.

MOSS. R. Wholemeal bread quality – processing and ingredient interactions. **Food Australia**, Sydney, v.41, n.4, p.694-697, 1989.

MOTOKI, M; SEGURO, K. Transglutaminase and its use for food processing. **Tends in Food Science and Technology**, Kawasaki-shi, v.9, p.204-210, 1998.

NIELSEN, P. M. Reactions and Potential Industrial Applications of Transglutaminase. Review of Literature and Patents. **Food Biotechnology**, New York, v.9, p.119-156, 1995.

NONAKA, M.; TANAKA, H.; OKIYAMA, A.; MOTOKI, M.; ANDO, H.; UMEDA, K.; MATSURA, A. Polymerization of several proteins by Ca^{2+} - independent transglutaminase derived from microorganisms. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v.53, n.10, p.2619- 2623, 1989.

NOVOZYMES. Unlocking the magic of nature. Disponível em: <<http://www.novozymes.com>>. Acesso em: 3 jun. 2006.

O'SULLIVAN, M.M.; KELLY, A.L.; FOX, P.F. Effect of transglutaminase on the heat stability of milk: a possible mechanism. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.85, n.1, p.1-7, 2002.

OWENS, W. G. **Cereals processing technology**. Satake Centre for Grain Process Engineering, University of Manchester Institute of Science and Technology, Cambridge: Woodhead Publishing, 2001, 256p.

PEREIRA, F. A. **Propriedades funcionais das fibras dietéticas presentes nos alimentos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PIZZINATTO, A; MAGNO, C. P. R. S.; CAMPAGNOLLI, D. M. F. **Avaliação e Controle de Qualidade da Farinha de Trigo**. Instituto de Tecnologia de Alimentos – Centro de Tecnologia de Farinhas e Panificação, Campinas, 2004, 49 p.

POMERANZ, Y. **Modern cereal science and technology**. New York: VCH, 1987, 486p.

POUTANEM, K. Enzymes and important tool in the improvement of the quality of cereal food. **Trends in Food Science Technology**, Cambridge: Woodhead Publishing, v.8, p.300-306, 1997.

PYLER, E.J. Baking science and technology. **Sosland Publishing Company**, Kansas, v.1, p. 132-182, 1988.

RASCO, B.A.; BORHAN, M.; YEGGE, J.M.; LEE, M.H.; SIFFRING, K.; BRUINMA, B. Evaluation of enzyme and chemically treated wheat brain ingredients in yeast-raised breads. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.68, n.3, p.295-299, 1991.

ROMANOWSKA, I.; POLAK, J.; BIELECKI, S. Isolation and properties of *Aspergillus niger* IBT-90 xylanase for bakery. **Appl. Microbiol Biotechnology**, Lodz, v.69, p.665-671, 2006.

SAHLSTRÖM, S.; BRÄTHEN, E. Effects os enzyme preparations for baking, mixing time and resting time on bread quality and bread staling. **Food Chemistry**, Norway, v.58, n.1-2, p.75-80, 1997.

SILVA, C. O envelhecimento do pão. **Alimentos e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v.2, n.10, p.71-76, 1986.

SILVA, M. A. A. P. Desenvolvimento de Perfil Sensorial por Análise Descritiva Quantitativa. **Curso de Extensão – Universidade Estadual de Campinas** – Campinas, 2004, 75 p.

STONE, H.S; SIDEL, J.L. Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. **Food Technology**, Chicago, v.28, p.24-&, 1985.

VAN DAM, H.W; HILLE, J.D.R. Yeast and enzymes in breadmaking. **Cereal Foods World**, Delft, v.37, n.3, p.245-252, 1992.

VAN DER MAAREL, M.J.E.C.; VAN DER VEEN, B.; UITDEHAAG, J.C.M.; LEEMHUIS, H.; DIJKHUIZEN, L. Properties and applications of starch-converting enzymes of the α -amilase family. **Journal of Biotechnology**, Groningen, v.94, p.137-155, 2002.

WEEGELS, P.L.; MARSEILLE, J.P.; HAMER, R.J. Enzymes as a processing aid in the separation of wheat flour into starch and gluten. **Starch/Stärke**, Deerfield Beach, v.44, n.2, p.44-48, 1992.

6 APÊNDICES

Apêndice A – Ficha de recrutamento de provadores

RECRUTAMENTO DE DEGUSTADORES

Você já deve ter ouvido falar de degustadores profissionais de vinhos que diferenciam vinhos de safras diferentes apenas pelo odor. O que torna esses degustadores capazes de tal façanha é principalmente o treinamento que eles recebem.

Neste momento desejamos formar uma equipe treinada de degustadores. Os futuros degustadores avaliarão a qualidade sensorial de pães.

Ser um degustador não exigirá de você nenhuma habilidade excepcional, não tomará muito do seu tempo e não envolverá nenhuma tarefa difícil. A equipe de degustadores se reunirá duas vezes por semana (terças e quintas) por um período de 15 minutos durante o mês de novembro.

Se você deseja participar da equipe de degustadores, por favor, preencha este formulário e retorne-o a equipe.

Se você tiver qualquer dúvida, ou necessitar informações adicionais, por favor, não hesite em contactar-nos.

Então vamos lá!

Nome: _____

Faixa etária ____ 15-20; ____ 20-30; ____; 30-40____;40-50; ____ 50-60

Endereço: _____

Telefone: Residência _____ Celular: _____

E-mail: _____

Horários e dias da semana em que trabalha _____

1) Existe algum dia ou horário durante o qual você não poderá participar das sessões de degustação? Quais?

2) Você está disponível nas terças e quintas pela manhã ou tarde?

3) Indique o quanto você aprecia cada um desses produtos.

	Gosto	Nem gosto/Nem desgosto	Desgosto
a) Pão branco	_____	_____	_____
b) Pão com fibras	_____	_____	_____
c) Pão integral	_____	_____	_____

4) Cite alimentos e ingredientes que você desgosta muito.

5) Você é capaz de citar algum alimento borrachento?

6) Você é capaz de citar algum alimento que tenha textura quebradiça?

7) Você é capaz de citar um alimento que grude nos dentes ao ser mastigado?

8) Indique sua frequência de consumo de pão.

() Consumo muito (todos os dias)

() Consumo moderadamente (pelo menos três vezes por semana)

() Consumo ocasionalmente (pelo menos uma vez por semana)

() Consumo muito pouco (menos de uma vez por semana)

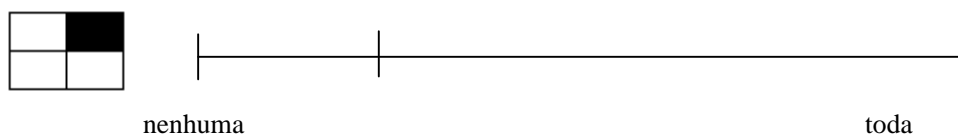
9) Marque na linha direita de cada figura, um trecho que indique a proporção da figura que foi coberta de preto (não use régua, apenas sua capacidade visual de avaliar).

Exemplos:

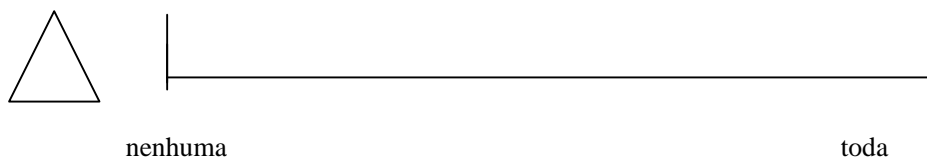
a)



b)



c)

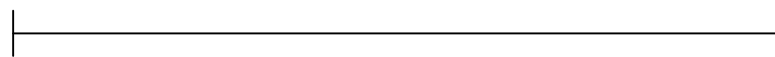


Sua vez,

d)



nenhuma

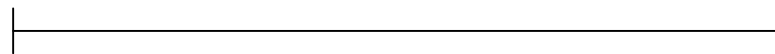


toda

e)



nenhuma

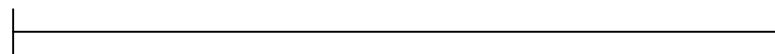


toda

f)



nenhuma

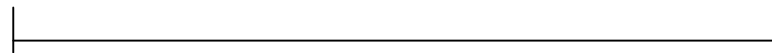


toda

g)



nenhuma



toda

10) Especifique os alimentos que você não pode comer ou beber por razões de saúde. Explique, por favor.

11) Você se encontra em dieta por razões de saúde? Em caso positivo, explique por favor.

12) Indique se você possui:

() Diabetes

() Hipertensão

() Hipoglicemia

() Doença bucal

() Intolerância ao glúten

Se você concorda em participar do teste assine a ficha.

Assinatura

Apêndice B – Ficha para teste de diferenciação de sabores básicos**TESTE DE DIFERENCIAÇÃO DE SABORES BÁSICOS**

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo 6 soluções codificadas, representando os sabores básicos. Experimente cada uma cuidadosamente, lave a boca com água após cada amostra e assinale com um “X” na coluna da tabela equivalente ao sabor que você identifica em cada amostra.

Amostra nº	Ácido	Doce	Amargo	Salgado	Não identificado

Obs: _____

Apêndice C – Ficha utilizada para o teste triangular (diferença)

TESTE TRIANGULAR SIMPLES - DIFERENÇA			
Nome:	Data:		
Duas amostras são iguais e uma é diferente. Deguste cuidadosamente cada uma das amostras, na ordem que estão sendo apresentadas, e faça um círculo em volta da amostra diferente.			
	Código das amostras		
Amostras	147	835	342
Comentários:			

Apêndice D – Ficha de aplicação do Método de Rede**Ficha de aplicação do Método de Rede**

Nome:

Data:

Avalie as amostras aos pares (257 e 435), (674 e 890) e (332 e 517) e DESCREVA as similaridades e diferenças entre elas com relação a APARÊNCIA, AROMA, SABOR E TEXTURA.

APARÊNCIA

Similaridades:

Diferenças:

AROMA

Similaridades:

Diferenças:

SABOR

Similaridades:

Diferenças:

TEXTURA:

Similaridades:

Diferenças:

Apêndice E – Ficha de avaliação utilizada na ADQ

Nome: _____ Data: _____

AMOSTRA 529

Avalie a aparência, a cor e o aroma. Depois coloque a amostra na boca e avalie os demais atributos, marcando na escala apropriada. Serão analisados os seguintes atributos:

- Aparência do miolo: primeira impressão causada ao olhar a amostra.
- Cor do miolo: intensidade da cor do miolo.
- Cor da crosta: intensidade da cor da crosta.
- Aroma: aroma característico de pão branco.
- Sabor: sabor característico de pão branco.
- Mastigabilidade: tempo requerido para mastigar uma amostra para reduzi-la a consistência adequada para a deglutição.
- Adesividade: força requerida para remover o material que adere a boca durante o processo normal de comer.
- Porosidade: distribuição dos poros.
- Aceitação: grau de gostar ou desgostar da amostra.

	APARÊNCIA DO MIOLO		
529			
	Péssima	Ótima	
	COR DO MIOLO		
529			
	Fraco	Intenso	
	COR DA CROSTA		
529			
	Fraco	Intenso	
	AROMA		
529			
	Fraco	Intenso	
	POROSIDADE		
529			
	Heterogêneo	Homogêneo	
	SABOR		
529			
	Fraco	Intenso	
	MASTIGABILIDADE		
529			
	Pouco	Muito	
	ADESIVIDADE		
529			
	Pouco	Muito	
	ACEITAÇÃO		
529			
	Desgostei muitíssimo	Gostei muitíssimo	

Apêndice F – ANOVA para os atributos da análise sensorial de pães brancos.

Aparência do Miolo						Cor Miolo						Cor Crosta								
ANOVA		fator duplo sem repetição		fator duplo sem repetição		ANOVA		fator duplo sem repetição		fator duplo sem repetição		ANOVA		fator duplo sem repetição		fator duplo sem repetição				
RESUMO	Colagem	Soma	Média	Variação		RESUMO	Colagem	Soma	Média	Variação		RESUMO	Colagem	Soma	Média	Variação				
A	18	137,5	7,638889	0,7035928		A	18	122,1	6,783333	0,2191176		A	18	43,5	2,416667	0,2410804				
B	18	134,2	7,455556	0,6720261		B	18	123	6,833333	0,2852941		B	18	43,6	2,422222	0,1971242				
C	18	131,9	7,327778	0,9080065		C	18	117,8	6,544444	0,6826144		C	18	38,2	2,122222	1,7547712				
D	18	136,3	7,572222	0,2609477		D	18	119,1	6,616667	0,4802941		D	18	35,3	1,961111	1,1695752				
E	18	133	7,388889	0,7304575		E	18	116,3	6,461111	0,7636928		E	18	37,8	2,1	2,0388295				
F	18	120,1	7,122222	0,7890065		F	18	116,6	6,422222	0,8077124		F	18	38,6	2,033333	1,4589235				
G	18	130,7	7,261111	0,6295752		G	18	115,5	6,416667	0,5991176		G	18	36,1	2,005556	2,1358497				
H	18	125,9	6,994444	0,9934967		H	18	112,8	6,266667	0,7435294		H	18	41,6	2,311111	1,9975163				
1	8	60,8	7,575	0,3135714		1	8	54,1	6,7625	0,4426786		1	8	13,7	1,7125	0,9855357				
2	8	59,4	7,425	0,4735714		2	8	58,8	7,1	0,3142857		2	8	16,5	2,0625	0,9589214				
3	8	46,6	5,825	0,5307143		3	8	48,9	6,1125	0,7069643		3	8	4,1	0,5125	0,1069643				
4	8	61	7,625	0,225		4	8	52,1	6,5125	0,8841071		4	8	24,4	3,05	1,2085714				
5	8	64,5	8,0625	0,2826786		5	8	54	6,75	0,1914286		5	8	27,5	3,4375	1,9083929				
6	8	61,3	7,6625	0,5198214		6	8	53,8	6,725	0,0764296		6	8	30,5	3,8125	0,9735537				
7	8	59,4	7,425	0,2907143		7	8	46,4	5,8	1,2020571		7	8	11,1	1,3875	0,1041071				
8	8	59,4	7,425	0,4192857		8	8	54,8	6,85	0,0542857		8	8	19,3	2,4125	0,3783929				
9	8	63,2	7,9	0,1714286		9	8	49,7	6,2125	0,0498214		9	8	14,6	1,825	0,1592857				
10	8	61,7	7,7125	0,0898214		10	8	47,4	5,925	0,0107143		10	8	29,7	3,7125	0,3841071				
11	8	59,1	7,3875	0,5355357		11	8	52,7	6,5875	0,0069643		11	8	4	0,5	0,1371429				
12	8	60,8	7,6	0,5985714		12	8	47	5,875	0,0392857		12	8	10,2	1,275	0,1535714				
13	8	49,8	6,225	1,405		13	8	56,5	7,0625	0,0226786		13	8	14	1,8375	0,9569643				
14	8	54,2	6,775	1,0621429		14	8	57,6	7,2	0,8857143		14	8	16,4	2,05	0,8285714				
15	8	57,8	7,225	0,225		15	8	46,3	5,7875	1,1783929		15	8	28,4	3,55	0,3714286				
16	8	53,8	6,725	0,1421429		16	8	52	6,5	0,0485714		16	8	14,2	1,775	0,3564286				
17	8	59,9	7,4875	0,3726786		17	8	51,7	6,4625	0,0626786		17	8	32,5	4,0625	0,89125				
18	8	62,5	7,8125	0,0163929		18	8	60,4	7,55	0,3514286		18	8	0,8	0,1125	0,0163929				
ANOVA						ANOVA						ANOVA								
nte da variac	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	nte da variac	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	nte da variac	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Provedores	5,6141687	7	0,8020238	1,9863505	0,0624626	2,0874289	Provedores	4,6997222	7	0,6713889	1,9157114	0,0728504	2,0874289	Linhas	4,3360417	7	0,6193435	1,2425192	0,2851218	2,0874289
Amostrs	48,817222	17	2,8695368	7,0828795	1,373E-11	1,7092709	Amostrs	36,008056	17	2,1181209	6,0437528	7,267E-10	1,7092709	Colunas	198,45201	17	11,673648	23,416085	3,869E-06	1,7092709
Erro	49,046333	119	0,4037675				Erro	41,705279	119	0,3506465				Erro	59,525290	119	0,4985312			
Total	102,27972	143					Total	82,413056	143					Total	262,11326	143				

Aroma						Porosidade						Sabor								
ANOVA		fator duplo sem repetição		fator duplo sem repetição		ANOVA		fator duplo sem repetição		fator duplo sem repetição		ANOVA		fator duplo sem repetição		fator duplo sem repetição				
RESUMO	Colagem	Soma	Média	Variação		RESUMO	Colagem	Soma	Média	Variação		RESUMO	Colagem	Soma	Média	Variação				
A	18	116,9	6,494444	0,909673		A	18	106,6	5,922222	1,639477		A	18	108,2	6,011111	0,4910458				
B	18	117,3	6,516667	1,0120588		B	18	104,6	5,811111	2,3233887		B	18	106,5	5,916667	1,073259				
C	18	122,7	6,816667	1,4144118		C	18	96,1	5,338889	3,0236928		C	18	116,4	6,466667	0,5023529				
D	18	124,7	6,927778	1,1895536		D	18	100,5	5,583333	3,3438235		D	18	109,9	6,105556	1,0323203				
E	18	123,8	6,877778	0,5418301		E	18	104	5,722222	2,247124		E	18	115,7	6,427778	0,8621242				
F	18	124,8	6,933333	0,8447059		F	18	101,8	5,644444	2,1732028		F	18	110,4	6,133333	0,9				
G	18	116,5	6,472222	1,5421242		G	18	96,2	5,344444	2,7026144		G	18	116,1	6,45	0,9002941				
H	18	115,5	6,416667	1,3885294		H	18	93,7	5,205556	2,8676144		H	18	104,9	5,827778	0,4303595				
1	8	60	7,5	0,4342857		1	8	24,1	3,0125	1,2889643		1	8	52,9	6,6125	0,2641071				
2	8	46,2	5,825	1,4935714		2	8	46,5	5,8125	0,9283929		2	8	52,3	6,5375	0,29125				
3	8	54,5	6,8125	0,3289643		3	8	40,5	5,0625	1,4055357		3	8	49,3	6,1625	2,1855357				
4	8	39,1	4,8875	0,1241071		4	8	48,8	6,1	0,7371429		4	8	46,2	5,775	0,4507143				
5	8	45,9	5,7375	0,905357		5	8	50,8	6,35	0,0628571		5	8	41,6	5,2	0,4542857				
6	8	50	6,25	0,4971429		6	8	55,6	6,95	2,4028571		6	8	49,9	6,2375	0,8541071				
7	8	49,4	6,225	0,9821429		7	8	39,3	4,9125	0,50125		7	8	47,3	5,9125	0,8698214				
8	8	51	6,375	0,5735714		8	8	46,2	5,7625	0,6078571		8	8	44,2	5,525	0,4221429				
9	8	54,8	6,85	0,1057143		9	8	45	5,625	0,205		9	8	43,7	5,4625	0,1855357				
10	8	50,4	6,3	0,0657143		10	8	50,6	6,325	0,8592857		10	8	49,9	6,1125	0,2441071				
11	8	62,1	7,7625	0,07125		11	8	33,6	4,2	2,8657143		11	8	54,8	6,825	0,8621429				
12	8	57,9	7,2375	0,6693929		12	8	34,5	4,3125	4,0086214		12	8	53,7	6,7125	0,6669643				
13	8	60,8	7,6	0,0914286		13	8	37	4,625	2,2078571		13	8	46,2	5,825	0,2992857				
14	8	55,7	6,9625	0,7541071		14	8	44,2	5,525	1,9078571		14	8	50,6	6,325	1,525				
15	8	61,6	7,7	0,1571429		15	8	49,3	6,1625	0,5083929		15	8	48,3	6,0375	0,1226786				
16	8	53,9	6,7375	1,33125		16	8	42,2	5,275	2,2821429		16	8	56,6	7,075	0,3792857				
17	8	60,6	7,5	0,2914286		17	8	54,7	6,3375	0,3493929		17	8	45,5	5,6875	0,4355357				
18	8	56,5	7,0625	0,23125		18	8	60,4	7,55	0,7514286		18	8	54,3	6,7875	0,2126786				
ANOVA						ANOVA						ANOVA								
nte da variac	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	nte da variac	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico	nte da variac	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Linhas	6,4252778	7	0,9179988	1,9059545	0,0744062	2,0874289	Linhas	8,4171528	7	1,2024504	3,9014547	0,5078794	2,0874289	Linhas	8,0071528	7	1,143879	2,8913895	0,0767865	2,0874289
Colunas	87,885056	17	5,1681209	10,731275	5,868E-17	1,7092709	Colunas	178,17201	17	10,480707	1,851909	8,176E-13	1,7092709	Colunas	37,100347	17	2,182374	3,608827	1,749E-05	1,7092709
Erro	67,309722	119	0,4618943				Erro	158,7341	119	1,3339				Erro	71,86997	119	0,6047823			
Total	151,59306	143					Total	345,32326	143					Total	117,0766	143				

Mastigabilidade						Adesividade						Aceitação					
ANOVA		fator duplo sem repetição		fator duplo sem repetição		ANOVA		fator duplo sem repetição		fator duplo sem repetição		ANOVA		fator duplo sem repetição		fator duplo sem repetição	
RESUMO	Colagem	Soma	Média	Variação		RESUMO	Colagem	Soma	Média	Variação		RESUMO	Colagem	Soma	Média	Variação	
A	18	63,8	3,544444	1,0743791		A	18	54,7	3,038889	1,1189689		A	18	107,5	5,972222	1,069183	
B	18	57,1	3,172222	1,0903595		B	18	53,7	2,983333	1,4379412		B	18	101,5	5,638889	0,8931046	
C	18	62,6	3,477778	1,384183		C	18	56,5	3,138889	1,6013399		C	18	110,5	6,138889	0,3554575	
D	18	64,4	3,577778	1,580536		D	18	62,1	3,45	1,3438235		D	18	112,8	6,266667	1,1508982	
E	18	57,3	3,183333	1,7979412		E	1										

Apêndice G – Efeitos das variáveis L*, a* e b* na cor das farinhas brancas

Apêndice G.1 - Efeitos estimados para a variável L*

	Effect	Std.Err.	t(7)	p	-90,% Cnf.Limt	+90,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-90,% Cnf.Limt	+90,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	93,72509	0,01331	7044,1725	0,00000	93,68624	93,76394	93,72509	0,01331	93,68624	93,76394
(1)TGM (L)	0,01618	0,01250	1,29415	0,32490	-0,02033	0,05269	0,00809	0,00625	-0,01016	0,02635
TGM (Q)	0,25009	0,01378	18,15528	0,00302	0,20987	0,29032	0,12505	0,00689	0,10494	0,14516
(2)AMILASE (L)	-0,24977	0,01250	-19,97499	0,00250	-0,28628	-0,21325	-0,12488	0,00625	-0,14314	-0,10663
AMILASE (Q)	-0,15382	0,01378	-11,16621	0,00793	-0,19404	-0,11359	-0,07691	0,00689	-0,09702	-0,05680
(3)XILANASE(L)	-0,00926	0,01250	-0,74086	0,53595	-0,04577	0,02725	-0,00463	0,00625	-0,02289	0,01362
XILANASE(Q)	-0,52230	0,01378	-37,91564	0,00069	-0,56252	-0,48207	-0,26115	0,00689	-0,28126	-0,24104
1L by 2L	0,00000	0,01633	0,00000	1,00000	-0,04768	0,04768	0,00000	0,00816	-0,02384	0,02384
1L by 3L	-0,01500	0,01633	-0,91856	0,45530	-0,06268	0,03268	-0,00750	0,00816	-0,03134	0,01634
2L by 3L	0,00500	0,01633	0,30619	0,78840	-0,04268	0,05268	0,00250	0,00816	-0,02134	0,02634

Apêndice G.2 - Efeitos estimados para a variável a*

	Effect	Std.Err.	t(7)	p	-90,% Cnf.Limt	+90,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-90,% Cnf.Limt	+90,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	-0,66466	0,00333	-199,81862	0,00003	-0,67438	-0,65495	-0,66466	0,00333	-0,67438	-0,65495
(1)TGM (L)	-0,00246	0,00313	-0,78775	0,51338	-0,01159	0,00667	-0,00123	0,00156	-0,00580	0,00333
TGM (Q)	-0,05921	0,00344	-17,19396	0,00337	-0,06927	-0,04916	-0,02961	0,00172	-0,03463	-0,02458
(2)AMILASE (L)	0,06496	0,00313	20,78150	0,00231	0,05583	0,07409	0,03248	0,00156	0,02792	0,03705
AMILASE (Q)	0,01519	0,00344	4,41135	0,04774	0,00514	0,02525	0,00760	0,00172	0,00257	0,01262
(3)XILANASE(L)	-0,00246	0,00313	-0,78775	0,51338	-0,01159	0,00667	-0,00123	0,00156	-0,00580	0,00333
XILANASE(Q)	0,09668	0,00344	28,07430	0,00127	0,08663	0,10674	0,04834	0,00172	0,04331	0,05337
1L by 2L	-0,01000	0,00408	-2,44949	0,13397	-0,02192	0,00192	-0,00500	0,00204	-0,01096	0,00096
1L by 3L	0,01000	0,00408	2,44949	0,13397	-0,00192	0,02192	0,00500	0,00204	-0,00096	0,01096
2L by 3L	-0,01000	0,00408	-2,44949	0,13397	-0,02192	0,00192	-0,00500	0,00204	-0,01096	0,00096

Apêndice G.3 - Efeitos estimados para a variável b*

	Effect	Std.Err.	t(7)	p	-90,% Cnf.Limt	+90,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-90,% Cnf.Limt	+90,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	9,98615	0,00000		-0,11342	0,00000		9,98615	0,00000	0,00000	
(1)TGM (L)	-0,02697	0,00000					-0,01348	0,00000		
TGM (Q)	0,07500	0,00000					0,03750	0,00000		
(2)AMILASE (L)	-0,05429	0,00000					-0,02715	0,00000		
AMILASE (Q)	-0,00649	0,00000					-0,00325	0,00000		
(3)XILANASE(L)	0,01220	0,00000					0,00610	0,00000		
XILANASE(Q)	-0,08090	0,00000					-0,04045	0,00000		
1L by 2L	-0,02500	0,00000					-0,01250	0,00000		
1L by 3L	-0,02500	0,00000					-0,01250	0,00000		
2L by 3L	0,02500	0,00000					0,01250	0,00000		

Apêndice H – Efeitos das variáveis L*, a* e b* na cor do miolo dos pães brancos

Apêndice H.1 - Efeitos estimados para a variável L*

	Effect	Std.Err.	t(7)	p	-85,% Cnf.Limt	+85,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-85,% Cnf.Limt	+85,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	74,45839	0,17124	434,80798	0,00001	74,06762	74,84916	74,45839	0,17124	74,06762	74,84916
(1)TGM (L)	0,14099	0,16093	0,87608	0,47338	-0,22624	0,50822	0,07049	0,08046	-0,11312	0,25411
TGM (Q)	0,41664	0,17729	2,34999	0,14319	0,01207	0,82120	0,20832	0,08865	0,00603	0,41060
(2)AMILASE (L)	-0,43957	0,16093	-2,73145	0,11197	-0,80680	-0,07234	-0,21979	0,08046	-0,40340	-0,03617
AMILASE (Q)	0,94574	0,17729	5,33432	0,03339	0,54117	1,35031	0,47287	0,08865	0,27058	0,67515
(3)XILANASE(L)	-0,43234	0,16093	-2,68652	0,11512	-0,79957	-0,06511	-0,21617	0,08046	-0,39979	-0,03256
XILANASE(Q)	1,62837	0,17729	9,18465	0,01165	1,22380	2,03294	0,81419	0,08865	0,61190	1,01647
1L by 2L	-1,06333	0,21017	-5,05935	0,03692	-1,54293	-0,58374	-0,53167	0,10509	-0,77147	-0,29187
1L by 3L	-0,45833	0,21017	-2,18075	0,16098	-0,93793	0,02126	-0,22917	0,10509	-0,46897	0,01063
2L by 3L	0,39667	0,21017	1,88734	0,19974	-0,08293	0,87626	0,19833	0,10509	-0,04147	0,43813

Apêndice H.2 - Efeitos estimados para a variável a*

	Effect	Std.Err.	t(7)	p	-85,% Cnf.Limt	+85,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-85,% Cnf.Limt	+85,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	0,04488	0,01454	3,08668	0,09088	0,01170	0,07807	0,04488	0,01454	0,01170	0,07807
(1)TGM (L)	0,09965	0,01367	7,29219	0,01829	0,06847	0,13084	0,04983	0,00683	0,03423	0,06542
TGM (Q)	-0,00877	0,01506	-0,58244	0,61919	-0,04312	0,02559	-0,00438	0,00753	-0,02156	0,01279
(2)AMILASE (L)	0,01124	0,01367	0,82232	0,49733	-0,01995	0,04242	0,00562	0,00683	-0,00997	0,02121
AMILASE (Q)	0,02548	0,01506	1,69253	0,23262	-0,00887	0,05984	0,01274	0,00753	-0,00444	0,02992
(3)XILANASE(L)	0,07088	0,01367	5,18705	0,03522	0,03970	0,10207	0,03544	0,00683	0,01985	0,05103
XILANASE(Q)	-0,02058	0,01506	-1,36691	0,30502	-0,05493	0,01378	-0,01029	0,00753	-0,02747	0,00689
1L by 2L	-0,07083	0,01785	-3,96890	0,05801	-0,11156	-0,03011	-0,03542	0,00892	-0,05578	-0,01505
1L by 3L	0,01750	0,01785	0,98055	0,43021	-0,02323	0,05823	0,00875	0,00892	-0,01161	0,02911
2L by 3L	-0,14083	0,01785	-7,89111	0,01568	-0,18156	-0,10011	-0,07042	0,00892	-0,09078	-0,05005

Apêndice H.3 - Efeitos estimados para a variável b*

	Effect	Std.Err.	t(7)	p	-85,% Cnf.Limt	+85,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-85,% Cnf.Limt	+85,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	22,50951	0,19259	116,88019	0,00007	22,07004	22,94898	22,50951	0,19259	22,07004	22,94898
(1)TGM (L)	0,58318	0,18099	3,22222	0,08431	0,17018	0,99617	0,29159	0,09049	0,08509	0,49809
TGM (Q)	-0,51334	0,19939	-2,57460	0,12352	-0,96833	-0,05835	-0,25667	0,09969	-0,48417	-0,02918
(2)AMILASE (L)	0,34776	0,18099	1,92145	0,19462	-0,06524	0,76075	0,17388	0,09049	-0,03262	0,38038
AMILASE (Q)	-0,72002	0,19939	-3,61117	0,06886	-1,17501	-0,26503	-0,36001	0,09969	-0,58751	-0,13252
(3)XILANASE(L)	0,43363	0,18099	2,39593	0,13883	0,02063	0,84663	0,21682	0,09049	0,01032	0,42331
XILANASE(Q)	-0,94206	0,19939	-4,72474	0,04199	-1,39705	-0,48707	-0,47103	0,09969	-0,69852	-0,24353
1L by 2L	0,71333	0,23637	3,01793	0,09449	0,17396	1,25270	0,35667	0,11818	0,08698	0,62635
1L by 3L	1,14833	0,23637	4,85830	0,03985	0,60896	1,68770	0,57417	0,11818	0,30448	0,84385
2L by 3L	0,46167	0,23637	1,95319	0,19003	-0,07770	1,00104	0,23083	0,11818	-0,03885	0,50052

Apêndice I – ANOVA para os atributos da análise sensorial de pães integrais.

Aparência do Miolo						Cor Miolo						Cor Crosta								
ANOVA: fator duplo sem repetição						ANOVA: fator duplo sem repetição						ANOVA: fator duplo sem repetição								
RESUMO	Contagem	Soma	Média	Variança		RESUMO	Contagem	Soma	Média	Variança		RESUMO	Contagem	Soma	Média	Variança				
A	18	146,1	8,116667	0,434418		A	18	84,9	4,716667	0,400241		A	18	54	3	1,630556				
B	18	150	8,333333	0,204709		B	18	86,1	4,783333	0,1414706		B	18	47,2	2,622222	1,347712				
C	18	149,2	8,288889	0,1583399		C	18	87,1	4,838889	0,429572		C	18	46,3	2,572222	1,374183				
D	18	146,8	8,155556	0,294791		D	18	92,3	5,127778	0,6021242		D	18	49,9	2,722222	1,512124				
E	18	147,2	8,177778	0,217242		E	18	87,9	4,833333	0,4020906		E	18	41,3	2,294444	0,931438				
F	18	145,3	8,072222	0,115358		F	18	87,8	4,827778	0,3183007		F	18	44,7	2,483333	1,1105				
G	18	147,4	8,188889	0,165716		G	18	89,8	4,988889	0,3810458		G	18	45,6	2,533333	1,238235				
H	18	146,3	8,127778	0,228065		H	18	86,8	4,822222	0,172418		H	18	51,1	2,838889	2,1319281				
1	8	64,7	8,0875	0,1441071		1	8	39,4	4,925	0,1021429		1	8	25,7	3,2125	0,148843				
2	8	64,8	8,1	0,4314286		2	8	41,5	5,1875	0,195337		2	8	18,5	2,3125	0,369843				
3	8	63,1	7,8875	0,2355357		3	8	37,8	4,725	0,2621429		3	8	21,4	2,875	0,135714				
4	8	65	8,125	0,045		4	8	37,1	4,6375	0,478643		4	8	21,2	2,65	0,0942857				
5	8	63,7	7,9625	0,13125		5	8	41,8	5,225	0,265		5	8	24	3	0,08				
6	8	66,9	8,3625	0,0941071		6	8	37,1	4,6375	0,116843		6	8	29,3	3,6625	0,218214				
7	8	60,8	7,6	0,3555357		7	8	41,4	5,175	0,379287		7	8	22,4	2,8	0,2628571				
8	8	66,5	8,3125	0,0555357		8	8	38,2	4,775	0,2221429		8	8	20,5	2,5625	0,0883929				
9	8	66,5	8,3125	0,108214		9	8	38,7	4,8375	0,1626786		9	8	25,1	3,1375	0,338643				
10	8	68,7	8,5875	0,0641071		10	8	47,7	5,6625	0,3262786		10	8	32,5	4,0625	2,0883929				
11	8	66,8	8,35	0,0620571		11	8	36,6	4,575	0,221429		11	8	30,4	3,8	1,2885714				
12	8	63,7	7,9625	0,393329		12	8	38,5	4,8125	0,0383929		12	8	7,5	0,9375	0,258643				
13	8	67,4	8,425	0,0907143		13	8	33,9	4,2375	0,1341071		13	8	3,3	0,4125	0,068643				
14	8	63,5	7,9375	0,2883929		14	8	36,2	4,525	0,025		14	8	25,2	3,15	2,2714286				
15	8	65,9	8,2375	0,178214		15	8	39,7	4,9625	0,11125		15	8	5,2	0,65	0,0571429				
16	8	67,4	8,425	0,045		16	8	35,9	4,4375	0,18125		16	8	21,5	2,6875	0,5383929				
17	8	63,1	7,8875	0,5241071		17	8	38,4	4,8	0,2142857		17	8	20,8	2,6	0,1142857				
18	8	67,7	8,4625	0,1226786		18	8	46,8	5,85	0,5857143		18	8	25,8	3,2	0,14				
ANOVA						ANOVA						ANOVA								
teste de varianç.						teste de varianç.						teste de varianç.								
Provedores	0,972639	7	0,139752	0,716869	0,6121462	2,0874289	Provedores	2,0571083	7	0,2939893	1,410123	0,2074538	2,0874289	Provedores	6,2438194	7	0,8911742	1,9803184	0,6629291	2,0874289
Anostras	10,277847	119	0,1810665	3,394366	5,8216105	1,7092709	Anostras	29,527947	119	1,732261	6,3324431	1,536113	1,7092709	Anostras	141,28083	119	6,2094055	18,44924	1,016129	1,7092709
Erro	21,550486	119	0,1810665				Erro	24,806042	119	0,2084541				Erro	53,599931	119	0,4504196			
Total	32,806597	143					Total	56,391597	143					Total	201,10438	143				

Aroma						Porosidade						Sabor								
ANOVA: fator duplo sem repetição						ANOVA: fator duplo sem repetição						ANOVA: fator duplo sem repetição								
RESUMO	Contagem	Soma	Média	Variança		RESUMO	Contagem	Soma	Média	Variança		RESUMO	Contagem	Soma	Média	Variança				
A	18	108,7	6,038889	0,4695752		A	18	145,2	8,066667	0,4188235		A	18	107,2	5,955556	0,6028144				
B	18	107,9	5,994444	0,4029085		B	18	146,5	8,138889	0,4260458		B	18	107,7	5,983333	0,3673529				
C	18	110,8	6,155556	0,3294967		C	18	147,4	8,188889	0,3598993		C	18	107,9	5,994444	0,4759497				
D	18	115,5	6,416667	0,487329		D	18	148,3	8,238889	0,1604568		D	18	111,4	6,188889	0,442222				
E	18	112,5	6,25	0,5897059		E	18	147	8,166667	0,4929412		E	18	111,7	6,205556	0,659791				
F	18	108,9	6,05	0,4978412		F	18	148,1	8,227778	0,1174183		F	18	112,5	6,25	1,0002941				
G	18	112,8	6,266667	0,5917647		G	18	146,7	8,15	0,0979412		G	18	111,6	6,203333	0,5180824				
H	18	108,9	6,05	0,270824		H	18	145,8	8,1	0,258824		H	18	110,8	6,155556	0,6896732				
1	8	43,9	5,4875	0,2955357		1	8	66,8	8,35	0,0542857		1	8	51,8	6,475	0,1192857				
2	8	45,6	5,7	0,22		2	8	66,8	8,35	0,0314286		2	8	37,8	4,7	0,1914286				
3	8	47,8	5,975	0,5135714		3	8	61,8	7,7	0,6571429		3	8	42	5,25	0,1628571				
4	8	48,4	6,05	0,2314286		4	8	61,8	7,7	0,0421429		4	8	55,7	6,9625	0,2226786				
5	8	44,2	5,525	0,105		5	8	62,5	7,8125	0,2841071		5	8	54,2	6,775	0,2807143				
6	8	50,5	6,3125	0,3183929		6	8	67,8	8,475	0,0192857		6	8	50,7	6,3375	0,196843				
7	8	45,1	5,6375	0,1541071		7	8	60,5	7,5625	0,4626786		7	8	50,3	6,2875	0,0126786				
8	8	42,2	5,275	0,1021429		8	8	60,7	7,5875	0,288643		8	8	44,8	5,575	0,085				
9	8	44,5	5,5625	0,238214		9	8	67	8,375	0,0421429		9	8	47,4	5,825	0,0192857				
10	8	51,6	6,45	0,271429		10	8	66,9	8,3625	0,2626786		10	8	51,48	6,8625	0,0521943				
11	8	46,1	5,7625	0,19125		11	8	67,4	8,425	0,0392857		11	8	38,9	4,8625	0,0988214				
12	8	51,9	6,4875	0,0955357		12	8	65,1	8,1375	0,276843		12	8	51	6,375	0,0535714				
13	8	58,6	7,325	0,0964286		13	8	68	8,5	0,0485714		13	8	50,5	6,3125	0,2626786				
14	8	52,8	6,1	0,320571		14	8	67,6	8,45	0,16		14	8	53,7	6,7125	0,195357				
15	8	55,3	6,9125	0,2636786		15	8	64,9	8,1125	0,0676786		15	8	50,1	6,625	0,23125				
16	8	49,5	6,1875	0,0967986		16	8	67,2	8,4	0,085714		16	8	51,6	6,45	0,0257143				
17	8	54,8	6,85	0,26		17	8	62,6	7,825	0,2535714		17	8	44,2	5,525	0,265				
18	8	53,2	6,65	0,0828571		18	8	69,8	8,725	0,0935714		18	8	53,1	6,6375	0,458643				
ANOVA						ANOVA						ANOVA								
teste de varianç.						teste de varianç.						teste de varianç.								
Provedores	2,722222	7	0,398889	1,942931	0,09886	2,0874289	Provedores	0,4419444	7	0,0631349	0,3619811	0,929103	2,0874289	Provedores	1,7748194	7	0,253571	1,4759172	0,1822749	2,0874289
Anostras	45,88889	119	2,6975817	13,477841	2,054620	1,7092709	Anostras	17,813889	119	1,0478758	5,8350014	1,8558109	1,7092709	Anostras	60,40425	119	3,5503888	20,885225	8,97828	1,7092709
Erro	23,817778	119	0,2001494				Erro	21,270556	119	0,1795845				Erro	20,44531	119	0,1717692			
Total	72,398889	143					Total	39,628389	143					Total	82,817575	143				

Sabor Residual						Mastigabilidade						Adequidade					
ANOVA: fator duplo sem repetição						ANOVA: fator duplo sem repetição						ANOVA: fator duplo sem repetição					
RESUMO	Contagem	Soma	Média	Variança		RESUMO	Contagem	Soma	Média	Variança		RESUMO	Contagem	Soma	Média	Variança	
A	18	94,8	5,266667	1,095982		A	18	59,4	3,3	1,3447059		A	18	61,9	3,438889	1,194281	
B	18	107,4	5,966667	1,088824		B	18	55,9	3,105556	1,2534667		B	18	55,8	3,1	0,576714	
C	18	106,5	5,916667	1,8308824		C	18	49,4	2,744444	0,9202614		C	18	56,9	3,161111	1,0754575	
D	18	106,9	5,938889	1,684893		D	18	50,2	2,788889	0,906281		D	18	56,2	3,122222	1,1971242	
E	18	109,5	6,083333	2,205		E	18	45,3	2,516667	0,4697059		E	18	54,7	3,038889	1,5001634	
F	18	109,1	6,061111	1,274281		F	18	52,9	2,938889	0,9178105		F	18	59,2	3,233333	1,7458824	
G	18	108,2	6,011111	1,4699214		G	18	57,5	3,194444	1,0887306		G	18	57,7	3,205556	0,9146732	
H	18	101,3	5,627778	1,7809477		H	18	54,8	3,044444	0,8532026		H	18	59,3	3,294444	0,664085	
1	8	4															

Apêndice J – Efeitos das variáveis L*, a* e b* na cor do miolo dos pães integrais

Apêndice J.1 - Efeitos estimados para a variável L*

	Effect	Std.Err.	t(7)	p	-85,% Cnf.Limt	+85,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-85,% Cnf.Limt	+85,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	53,07616	0,12580	421,90529	0,00001	52,78909	53,36323	53,07616	0,12580	52,78909	53,36323
(1)TGM (L)	0,38178	0,11822	3,22932	0,28399	0,11200	0,65156	0,19089	0,05911	0,05600	0,32578
TGM (Q)	-0,25926	0,13024	-1,99058	0,18479	-0,55647	0,03795	-0,12963	0,06512	-0,27824	0,01897
(2)AMILASE (L)	-0,13116	0,11822	-1,10939	0,38279	-0,40093	0,13862	-0,06558	0,05911	-0,20047	0,06931
AMILASE (Q)	-0,25808	0,13024	-1,98151	0,18604	-0,55529	0,03913	-0,12904	0,06512	-0,27764	0,01956
(3)XILANASE(L)	-0,14308	0,11822	-1,21023	0,14981	-0,12670	0,41286	0,07154	0,05911	-0,06335	0,20643
XILANASE(Q)	-0,25336	0,13024	-1,94524	0,19116	-0,55057	0,04385	-0,12668	0,06512	-0,27528	0,02193
1L by 2L	0,18417	0,15440	1,19280	0,35527	-0,16816	0,53649	0,09208	0,07720	-0,08408	0,26825
1L by 3L	0,32417	0,15440	2,09955	0,17061	-0,02816	0,67649	0,16208	0,07720	-0,01408	0,33825
2L by 3L	0,19417	0,15440	1,25757	0,33549	-0,15816	0,54649	0,09708	0,07720	-0,07908	0,27325

Apêndice J.2 - Efeitos estimados para a variável a*

	Effect	Std.Err.	t(7)	p	-85,% Cnf.Limt	+85,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-85,% Cnf.Limt	+85,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	7,56431	0,09118	82,95736	0,00015	7,35624	7,77238	7,56431	0,09118	7,35624	7,77238
(1)TGM (L)	-0,06393	0,08569	-0,74602	0,53342	-0,25947	0,13161	-0,03196	0,04285	-0,12973	0,06581
TGM (Q)	0,07836	0,09440	0,83001	0,49383	-0,13707	0,29378	0,03918	0,04720	-0,06853	0,14689
(2)AMILASE (L)	0,10204	0,08569	1,19075	0,35592	-0,09350	0,29758	0,05102	0,04285	-0,04675	0,14879
AMILASE (Q)	-0,09762	0,09440	-1,03404	0,40977	-0,31304	0,11780	-0,04881	0,04720	-0,15652	0,05890
(3)XILANASE(L)	-0,01163	0,08569	-0,13570	0,90448	-0,20717	0,18391	-0,00581	0,04285	-0,10358	0,09196
XILANASE(Q)	-0,10825	0,09440	-1,14664	0,37020	-0,32367	0,10718	-0,05412	0,04720	-0,16183	0,05359
1L by 2L	0,06917	0,11191	0,61805	0,59954	-0,18621	0,32454	0,03458	0,05596	-0,09310	0,16227
1L by 3L	0,05083	0,11191	0,45423	0,69420	-0,20454	0,30621	0,02542	0,05596	-0,10227	0,15310
2L by 3L	0,18583	0,11191	1,66055	0,23868	-0,06954	0,44121	0,09292	0,05596	-0,03477	0,22060

Apêndice J.3 - Efeitos estimados para a variável b*

	Effect	Std.Err.	t(7)	p	-85,% Cnf.Limt	+85,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-85,% Cnf.Limt	+85,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	19,18233	0,11905	161,12424	0,00004	18,91066	19,45400	19,18233	0,11905	18,91066	19,45400
(1)TGM (L)	-0,16659	0,11188	-1,48897	0,27493	-0,42190	0,08872	-0,08329	0,05594	-0,21095	0,04436
TGM (Q)	0,07261	0,12326	0,58909	0,61548	-0,20866	0,35388	0,03630	0,06163	-0,10433	0,17694
(2)AMILASE (L)	0,05030	0,11188	0,44962	0,69701	-0,20500	0,30561	0,02515	0,05594	-0,10250	0,15281
AMILASE (Q)	-0,15533	0,12326	-1,26019	0,33472	-0,43659	0,12594	-0,07766	0,06163	-0,21830	0,06297
(3)XILANASE(L)	-0,21635	0,11188	-1,93370	0,19283	-0,47165	0,03896	-0,10817	0,05594	-0,23583	0,01948
XILANASE(Q)	-0,31004	0,12326	-2,51540	0,12832	-0,59131	-0,02878	-0,15502	0,06163	-0,29565	-0,01439
1L by 2L	-0,01000	0,14612	-0,06844	0,95166	-0,34343	0,32343	-0,00500	0,07306	-0,17171	0,16171
1L by 3L	-0,01167	0,14612	-0,07985	0,94363	-0,34509	0,32176	-0,00583	0,07306	-0,17255	0,16088
2L by 3L	0,06833	0,14612	0,46766	0,68603	-0,26509	0,40176	0,03417	0,07306	-0,13255	0,20088

Apêndice L – Artigo da dissertação submetido ao Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos

MODIFICAÇÕES ENZIMÁTICAS EM PÃES BRANCOS E PÃES RICOS EM FIBRAS: IMPACTOS NA QUALIDADE

JANINE CARVALHO NUNES*

SIMONE FLÔRES**

MARCO ANTONIO ZACHIA AYUB***

- * Engenheira de Alimentos – UNISINOS, pós-graduanda em Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFRGS – Porto Alegre, RS (e-mail: janinenunes@terra.com.br)
- ** Professora adjunto ICTA – UFRGS – Porto Alegre, RS, doutora em Engenharia de Alimentos (e-mail: simone.flores@ufrgs.br)
- ***Professor titular ICTA – UFRGS – Porto Alegre, RS, doutor em Biotecnologia (e-mail: mazayub@ufrgs.br)

Durante muitas décadas, enzimas foram adicionadas à farinha na produção de pães com a finalidade de melhorar seu volume, sabor, aroma, estrutura da casca e do miolo, maciez e vida de prateleira. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da adição de enzimas na qualidade de pães brancos e pães ricos em fibras através do uso de associações enzimáticas de transglutaminase, xilanase e amilase. Foram preparadas 17 formulações para cada tipo de pão, com diferentes concentrações das enzimas, de acordo com o planejamento experimental 2^3 e para análise foi utilizada a metodologia de superfície de resposta. As etapas básicas da produção dos pães foram: pesagem e amassamento; divisão, boleamento e descanso; modelagem; fermentação; forneamento e resfriamento. As farinhas com a adição da associação enzimática e padrão foram submetidas às análises de umidade, cinzas, teor de glúten, cor, absorção de água, estabilidade, elasticidade e extensibilidade. Todas as 17 formulações e a formulação padrão para pão branco e pão rico em fibra foram analisadas sensorialmente, através da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), e físico-quimicamente, através das análises de umidade, cinzas, textura, cor, altura das fatias e volume específico. Os resultados obtidos no presente trabalho mostraram que a adição destas enzimas não é necessária para se ter um pão com boa qualidade e com características exigidas pelos consumidores. Observou-se que o efeito da associação das três enzimas testadas não foi significativo, pois na maioria das características avaliadas o melhor resultado foi o apresentado na amostra padrão, sem adição de enzimas.

PALAVRAS-CHAVE: ASSOCIAÇÃO ENZIMÁTICA, AMILASE, TRANSGLUTAMINASE, XILANASE E QUALIDADE DE PÃES.

1 INTRODUÇÃO

A fabricação de pão é um dos processos biotecnológicos mais antigos. Apesar de a biotecnologia ser mais ou menos sinônimo de alta tecnologia, um processo tão antigo como o de panificação é um excelente exemplo de biotecnologia envolvendo a aplicação de leveduras e enzimas (KNIGHT; MAZZIERO, 2000).

Atualmente, verifica-se uma maior exigência do mercado consumidor, que busca produtos

diferenciados, com qualidade e com aspectos nutricionais relevantes. Na panificação, um fenômeno complexo cujo mecanismo básico ainda não é totalmente compreendido, é o envelhecimento de pães. Este fenômeno, que causa o enrijecimento de pães durante a estocagem, perda do aroma e alteração no sabor vem sendo retardado com a adição de enzimas nas formulações.

Além disto, enzimas estão sendo muito bem aceitas em formulações de pães ricos em fibras. A importância da adição de fibras dietéticas na dieta humana tem sido demonstrada em muitos estudos. Segundo Katina *et al.* (2006), apesar da adição de fibras em produtos de panificação ser considerado um benefício saudável, ela pode causar problemas na qualidade de pães. A suplementação de fibras geralmente enfraquece a estrutura, diminui o volume do pão e a elasticidade do miolo. Então, o objetivo da indústria tornou-se produzir pães integrais com alta aceitabilidade pelo consumidor, tendo boas características de corpo, textura, *flavor* e outras propriedades desejáveis. Neste sentido, o uso de enzimas ou associações de enzimas tem sido um forte apelo, uma vez que podem ser adicionadas como agentes de panificação (HAMMES; WOOD, 1995).

Enzimas usadas na panificação são úteis ferramentas para formulações alimentares devido as suas capacidades em melhorar o processamento da massa, bem como promover produtos acabados de melhor qualidade. Juntamente com as tradicionais enzimas hidrolíticas do amido (amilolíticas) têm sido incorporadas à massa do pão enzimas que promovem a hidrólise de polissacarídeos, lipídeos e modificadoras de glúten, as quais tem apresentado resultados efetivos nas características tais como: amaciamento do miolo do pão, aumento da atividade das leveduras e enzimas endógenas e nos princípios anti-envelhecimento pela ação dos principais polímeros funcionais da farinha (COLLAR *et al.*, 2000).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da adição de enzimas na qualidade de pães brancos e pães ricos em fibras através do uso de associações enzimáticas de transglutaminase, xilanase e amilase.

Para tanto, em um primeiro momento, as farinhas com a associação de enzimas foram avaliadas em relação à umidade, cinzas, teor de glúten, cor, absorção de água, estabilidade, elasticidade e extensibilidade; em seguida foram desenvolvidas formulações de pães brancos e pães ricos em fibras com suplementação de enzimas e estas foram avaliadas sensorialmente, através da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e físico-quimicamente, através das análises de umidade, cinzas, textura, cor, altura das fatias e volume específico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

Foram utilizados nas formulações: farinha de trigo especial (marca Orquídea, Tondo S/A – Bento Gonçalves - RS), farinha de trigo integral (marca Mais Vita, Yoki Alimentos S/A - Nova Prata - RS) e farinha de centeio (marca Geração Saúde, Naturato Ind. E Com. de Alimentos LTDA – Porto Alegre – RS), adquiridas em um único lote; fermento biológico seco (marca Fleischmann, AB Brasil Ind. E Com. de Alimentos LTDA – Pederneiras – SP), sal refinado; açúcar refinado; óleo de soja (marca Soya, Bunge Alimentos S/A – Gaspar – SC); enzimas α -amilase fúngica (Fungamyl 2500 SG) e xilanase (Pentopan Mono BG) da Novozymes (Dinamarca), e transglutaminase (ACTIVA STG-M) da Ajinomoto (Japão).

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Formulações

A partir de uma formulação básica de pão branco de forma e uma de pão integral, foram preparadas outras 17 formulações seguindo um planejamento experimental 2^3 onde as variáveis independentes são as concentrações das enzimas transglutaminase, amilase e xilanase. Todas as formulações foram comparadas com a formulação padrão, sem suplementação de enzimas. A Tabela 1 apresenta a relação de ingredientes utilizados nas amostras padrão e seus respectivos percentuais em base de farinha. É importante salientar que, desta forma, o percentual total não perfaz 100%.

Tabela 1: Formulações básicas utilizadas no teste experimental

Ingredientes	Pão branco		Pão integral	
	(g)	(%)	(g)	(%)
Farinha de trigo integral	-	-	206	71
Farinha de centeio	-	-	84	29
Farinha de trigo especial	290	100	-	-
Água	135	46	155	53
Açúcar	21	7	21	7
Óleo	13	4	13	4
Fermento biológico	8	3	8	3
Sal	8	3	8	3

Os níveis das variáveis têm seus valores mostrados na Tabela 2. As concentrações utilizadas foram baseadas em recomendações dos fornecedores e pesquisas já realizadas. Concentrações maiores que estas foram testadas, porém apresentaram sabor residual intenso, o que poderia interferir no resultado da análise sensorial.

Tabela 2: Variáveis independentes e níveis de variações.

Variáveis (%)	Níveis				
	-1,68	-1	0	1	1,68
Transglutaminase	0	0,006	0,015	0,024	0,03
a-Amilase	0	0,01	0,025	0,04	0,05
Xilanase	0	0,10	0,25	0,40	0,50

Os valores codificados e reais das variáveis utilizadas no delineamento estatístico dos ensaios são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: Delineamento experimental para as três variáveis independentes (concentração de transglutaminase, amilase e xilanase).

Experimento	TGM (x1)	Amilase (x2)	Xilanase (x3)	TGM (%)	Amilase (%)	Xilanase (%)
1	-1	-1	-1	0,1	0,006	0,01
2	1	-1	-1	0,4	0,006	0,01
3	-1	1	-1	0,1	0,024	0,01
4	1	1	-1	0,4	0,024	0,01
5	-1	-1	1	0,1	0,006	0,04
6	1	-1	1	0,4	0,006	0,04
7	-1	1	1	0,1	0,024	0,04
8	1	1	1	0,4	0,024	0,04
9	0	0	0	0,25	0,015	0,025
10	0	0	0	0,25	0,015	0,025
11	0	0	0	0,25	0,015	0,025
12	-1,68	0	0	0	0,015	0,025
13	1,68	0	0	0,5	0,015	0,025
14	0	-1,68	0	0,25	0	0,025
15	0	1,68	0	0,25	0,03	0,025
16	0	0	-1,68	0,25	0,015	0
17	0	0	1,68	0,25	0,015	0,05

2.2.2 Preparo das amostras

O preparo da massa foi realizado de acordo com o método nº 10-80B da AACC (2000), com adaptações, onde todos os ingredientes foram misturados de uma só vez, em batedeira planetária, por 5 minutos, e os pães assados em forno elétrico convencional 400 W / 220 V, a 250 °C por, aproximadamente, 30 min.

2.2.3 Análises para Controle de Qualidade das Farinhas

Todas as análises para o controle de qualidade das farinhas foram realizadas no Moinho Estrela, em Porto Alegre. A farinha de trigo especial foi submetida às análises de determinação de umidade - método 44-15A da AACC (2000), determinação de cinzas - normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985), teor de glúten - método 38-12 da AACC (2000), cor - colorímetro Minolta (MINOLTA, 1994), farinografia - método 54-21 da AACC (2000), e alveografia - método 54-30A da AACC (2000). A combinação de farinha de trigo integral e farinha de centeio foi submetida apenas às análises de determinação de umidade e cinzas, uma vez que o moinho não dispunha de equipamentos necessários para a análise de farinhas integrais.

2.2.4 Análise Sensorial

Na análise sensorial das amostras foi utilizado o Método de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), adaptado da metodologia descrita por Stone e Sidel (1985). De acordo com Silva (2004), este método é um dos mais utilizados na indústria de alimentos e é muito útil para o desenvolvimento de novos produtos, para o diagnóstico de problemas e para garantia e

melhoria da qualidade. Ele é capaz de verificar se mudanças no processamento ou mudanças de um dado ingrediente alteram o perfil sensorial do produto. Foi realizado um recrutamento, pré-seleção da equipe e treinamento, onde 13 pessoas foram treinadas para fazer parte do painel sensorial.

2.2.5 Análise Estatística

As 17 formulações foram avaliadas através de Análise de Variância (ANOVA) e pela Metodologia de Superfície de Resposta (MSR), utilizando o programa STATISTICA for Windows (VERSÃO 7.0).

2.2.6 Análises Físico-Químicas

Após o preparo dos pães, foram realizadas as análises de umidade - método 44-15A da AACC (2000), cinzas - normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL,1985), textura - texturômetro SMS, metodologia proposta pelo American Institute of Baking (2006), cor - colorímetro Minolta (MINOLTA, 1994), altura das fatias – instrumento paquímetro, e volume específico - método 44-15^a da AACC (2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISES PARA CONTROLE DE QUALIDADE DAS FARINHAS

Foi possível notar que os valores das análises para cada amostra são muito semelhantes, inclusive o valor da amostra padrão, sem adição de enzimas.

Este resultado já era esperado, uma vez que para se perceber algum efeito das enzimas na farinha é necessário que as mesmas tenham estado em contato com a água por um tempo controlado. Como a maioria das análises foi realizada a seco e, as realizadas na presença de água não duraram tempo necessário para haver reação da enzima, não se pôde perceber efeito da associação enzimática nas farinhas.

3.2 ANÁLISE SENSORIAL

Todos os atributos para pão branco foram analisados através do programa STATISTICA (VERSÃO Windows 7.0) tendo como base sempre a média dos 8 provadores mais significativos, com exceção do atributo aceitação, onde a média considerada foi em relação aos 13 provadores que participaram da análise sensorial. Através da ANOVA dos atributos pode-se verificar que não houve diferença significativa entre os provadores ($F < F$ crítico), o que significa que eles estavam bem treinados e apresentaram respostas semelhantes. Apenas as análises onde o modelo foi significativo foi possível traçar gráficos bidimensionais. Para as demais, foi realizada somente a análise dos efeitos significativos.

3.2.1 Pão Branco

A Tabela 5 apresenta o planejamento experimental para as três variáveis independentes (concentração de transglutaminase, amilase e xilanase) em relação a todos os atributos analisados para as 17 amostras, com adição de enzimas, e para a amostra padrão, sem adição de enzima.

Tabela 5. Planejamento experimental para a análise sensorial.

Amostra	TGM	AMIL.	XILAN.	Apar. Miolo	Cor Miolo	Cor Crosta	Aroma	Porosid.	Sabor	Mastigab.	Adesivid.	Acetit.
1	-1	-1	-1	7,58	6,76	1,71	7,50	3,01	6,61	3,56	2,98	5,78
2	1	-1	-1	7,43	7,10	2,06	6,03	6,06	6,54	3,45	2,86	5,98
3	-1	1	-1	5,83	6,11	0,51	6,81	5,06	6,16	4,40	3,11	5,40
4	1	1	-1	7,63	6,51	3,05	4,89	6,10	5,78	3,38	3,81	6,46
5	-1	-1	1	8,06	6,75	3,44	5,74	6,35	5,20	3,15	2,76	6,87
6	1	-1	1	7,66	6,73	3,81	6,25	6,95	6,24	2,65	2,53	6,29
7	-1	1	1	7,88	5,80	1,39	5,43	4,41	5,91	2,83	2,71	6,22
8	1	1	1	7,43	6,85	2,41	6,38	6,03	5,53	4,18	3,39	6,73
9	0	0	0	7,90	6,21	1,83	6,85	5,63	5,46	2,00	2,54	6,50
10	0	0	0	7,71	5,93	3,71	6,30	6,33	6,11	3,50	3,48	6,54
11	0	0	0	7,39	6,59	0,50	7,76	4,20	6,83	3,78	2,78	5,82
12	-1,68	0	0	7,60	5,88	1,28	7,24	4,31	6,71	3,81	3,99	6,23
13	1,68	0	0	6,23	7,06	1,84	7,60	4,63	6,03	3,46	4,78	5,70
14	0	-1,68	0	6,78	7,20	2,05	6,96	5,53	6,33	2,13	1,98	6,08
15	0	1,68	0	7,23	5,79	3,55	7,70	6,16	6,04	3,85	4,11	5,96
16	0	0	-1,68	6,73	6,50	1,78	6,74	5,28	7,08	3,08	3,75	5,89
17	0	0	1,68	7,49	6,46	4,06	7,05	6,84	5,69	2,56	2,94	6,55
18	AMOSTRA PADRÃO			7,81	7,55	0,11	7,06	7,55	6,79	4,33	4,76	5,92

Nas respostas sensoriais para pães brancos foi possível observar que praticamente todas as enzimas influenciaram nos resultados, porém a influência destas não foi significativa a ponto de ser considerada necessária a adição de enzimas.

Para aparência do miolo, a xilanase influenciou positivamente, enquanto a TGM influenciou negativamente. Quanto maior a concentração de xilanase, e menor a de TGM, melhor foi para os provadores a primeira impressão causada ao olhar a amostra. Porém, pode ser observado que a amostra padrão, sem adição de enzimas, recebeu um valor alto para esta variável, resultado este que sugere que não seja necessária a adição de enzimas para melhorar a aparência do miolo do pão.

Em relação à cor do miolo, a TGM agiu positivamente, enquanto a amilase negativamente. Quanto maior a concentração de TGM, mais escura foi a amostra. Apesar destes resultados, a amostra padrão apresentou o maior valor para intensidade de cor, o que significa que a adição da associação de enzimas acabou deixando a cor do miolo menos intensa.

A associação da TGM, juntamente com a xilanase, aumentou a porosidade do miolo, deixando o miolo mais homogêneo. Esta mesma característica da xilanase foi observada no estudo realizado por Romanowska *et al.* (2006), onde amostras de pães com adição de xilanase e sem adição de enzima foram comparados e o aumento da porosidade do miolo é nítido na amostra com adição da enzima. Porém, mesmo com a adição destas enzimas em muitas amostras, o valor encontrado na amostra padrão foi o maior, ficando claro que não existe o por que de se adicionar as mesmas para melhorar esta característica.

A xilanase interferiu negativamente na variável sabor característico. Quanto maior a concentração da enzima nos pães, mais fraco é o valor para sabor característico encontrado. A amostra com associação de TGM – amilase, e ausência de xilanase, foi a que recebeu maior valor para esta variável, ficando pouca coisa acima do valor encontrado na amostra padrão.

A amilase interferiu positivamente nas características mastigabilidade e adesividade, porém a amostra padrão recebeu o 2º maior valor para as duas variáveis, ficando nítido que, se o

objetivo é obter uma mastigabilidade e adesividade altas, não é necessária a utilização de enzimas.

Para a variável aceitação, a xilanase teve interferência positiva. As amostras com maiores concentrações de xilanase apresentaram maiores notas para esta variável, ou seja, maior o grau do provador gostar da amostra. Porém, a nota recebida pela amostra padrão, sem enzimas, não tem um valor muito diferente das demais, o que significa que a adição de xilanase não é necessária.

3.2.2 Pão Integral

A Tabela 6 apresenta o planejamento experimental para as três variáveis independentes (concentração de transglutaminase, amilase e xilanase) em relação a todos os atributos analisados para as 17 amostras, com adição de enzimas, e para a amostra padrão, sem adição de enzima.

Tabela 6. Planejamento experimental para a análise sensorial.

Amostra	TGM	AMIL.	XILAN.	Apar. Miolo	Cor Miolo	Cor Crosta	Aroma	Porosid.	Sabor	Sabor residual	Mastigab.	Adesivid.	Accept.
1	-1	-1	-1	8,09	4,93	3,21	5,49	8,35	6,48	5,89	2,84	3,80	5,16
2	1	-1	-1	8,10	5,19	2,31	5,70	8,35	4,70	5,06	4,00	3,87	5,81
3	-1	1	-1	7,88	4,73	2,68	5,98	7,70	5,25	5,66	2,85	3,05	5,97
4	1	1	-1	8,12	4,64	2,65	6,05	7,73	6,96	6,19	2,23	2,82	6,08
5	-1	-1	1	7,96	5,23	3,00	5,53	7,81	6,78	5,94	2,81	2,31	5,24
6	1	-1	1	8,61	4,64	3,66	6,31	8,48	6,34	5,29	2,35	2,99	5,60
7	-1	1	1	7,61	5,18	2,80	5,64	7,56	6,29	6,55	2,28	2,27	5,59
8	1	1	1	8,31	4,78	2,56	5,28	7,59	5,58	5,80	2,07	2,66	5,83
9	0	0	0	8,31	4,84	3,14	5,56	8,38	5,93	5,95	3,05	3,80	5,96
10	0	0	0	8,58	5,96	4,06	6,45	8,36	6,68	6,55	4,27	3,87	5,36
11	0	0	0	8,35	4,58	3,80	5,76	8,43	4,86	5,71	3,18	2,70	6,63
12	-1,68	0	0	7,96	4,31	0,94	6,49	8,14	6,38	6,95	3,27	4,20	5,37
13	1,68	0	0	8,43	4,24	0,41	7,33	8,50	6,31	7,21	2,71	3,70	5,42
14	0	-1,68	0	7,93	4,53	3,15	6,60	8,45	6,71	6,26	3,38	2,53	6,24
15	0	1,68	0	8,23	4,96	0,65	6,91	8,11	6,26	3,58	2,06	3,30	6,26
16	0	0	-1,68	8,42	4,49	2,69	6,19	8,40	6,45	5,23	2,88	4,15	6,01
17	0	0	1,68	7,88	4,80	2,60	6,85	7,83	5,53	4,91	2,70	2,70	6,08
18	AMOSTRA PADRÃO			8,46	5,85	3,20	6,65	8,73	6,64	6,74	4,17	2,83	5,35

Para as análises sensoriais de pão integral, pode-se observar que as enzimas agiram um pouco diferente de como agiram para pão branco.

Enquanto a TGM agiu negativamente na aparência do miolo do pão branco, para pão integral ela agiu positivamente. Aumentando a concentração desta enzima na formulação, aumenta o valor das notas dos provadores em relação à aparência do miolo, porém pode ser observado também, que a amostra padrão recebeu um valor para esta variável, o que sugere que não seja necessária a adição de enzimas para melhorar a aparência do miolo do pão. De acordo com Basman *et al.* (2002), baixos níveis de transglutaminase têm improvisado efeito nas características do miolo do pão de trigo e da crosta, o que vem de acordo com os resultados encontrados neste trabalho.

Em relação à cor da crosta, enquanto no pão branco nenhuma enzima interferiu nos

resultados, para pão integral a amilase teve influência negativa, porém, como o valor da cor da crosta para a amostra padrão ainda ficou superior ao valor da amostra sem adição de amilase, pode-se dizer que para aumentar a intensidade da cor da crosta não é preciso adicionar amilase. Os resultados encontrados neste trabalho são contrários aos encontrados por Sahlström e Bräthen (1997), onde eles perceberam que a adição de α -amilase causou um significativo escurecimento na crosta, quando comparado com pães sem adição de enzimas.

Assim como para pão branco, para pão integral a TGM aumentou a porosidade do miolo, deixando o miolo mais homogêneo. Porém, mesmo com a adição desta enzima em muitas amostras, o valor encontrado na amostra padrão foi o maior, ficando claro que não existe o por quê de se adicionar a mesma para melhorar esta característica.

Para a variável mastigabilidade, a amilase influenciou positivamente nos pães brancos, e negativamente nos pães integrais. Esta influência acabou sendo significativa, uma vez que para pão integral, que por natureza já tem uma mastigabilidade maior que o pão branco, é interessante que a mastigabilidade seja a menor possível para o pão ter uma boa aceitação. Sendo assim, ficou confirmada a importância da amilase para esta variável.

A xilanase interferiu negativamente na adesividade dos pães integrais, assim, aumentando sua concentração, diminuiu o valor desta variável; um fator interessante, uma vez que para pão integral é importante se ter um valor não muito alto para adesividade.

Para as variáveis cor do miolo, aroma, sabor, sabor residual e aceitação, nenhuma enzima teve influência significativa.

3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Todas as análises foram realizadas em triplicata, e o valor médio para as 17 amostras com associações enzimáticas e para amostra padrão, sem adição de enzimas, foi analisado através do programa STATISTICA (VERSÃO Windows 7.0).

Apenas as análises onde o modelo foi significativo foi possível traçar gráficos bidimensionais. Para as demais, foi realizada somente a análise dos efeitos significativos.

3.3.1 Pão Branco

A Tabela 7 apresenta o planejamento experimental para as três variáveis independentes (concentração de transglutaminase, amilase e xilanase) em relação a todas as análises realizadas.

Tabela 7. Planejamento experimental para as análises físico-químicas.

Amostra	TGM	AMIL.	XILAN.	Umidade	Cinzas	Textura	ΔE^*	Altura	Vol. Esp.
1	-1	-1	-1	30,95	2,03	1205,70	0,85	93,50	2,91
2	1	-1	-1	30,35	2,03	1580,80	1,20	95,00	2,61
3	-1	1	-1	30,46	2,15	1326,40	0,45	94,50	2,96
4	1	1	-1	31,02	2,16	1375,20	0,71	98,00	3,07
5	-1	-1	1	31,24	2,23	1686,90	0,86	92,50	3,05
6	1	-1	1	30,44	2,08	1875,70	1,04	95,50	2,65
7	-1	1	1	30,62	2,15	1538,00	1,86	98,50	2,84
8	1	1	1	30,37	2,13	1661,50	2,78	100,00	2,83
9	0	0	0	30,47	2,17	2104,60	2,53	102,00	2,92
10	0	0	0	30,45	2,06	1762,80	2,68	95,00	2,63
11	0	0	0	31,33	1,95	2044,80	2,31	99,50	2,95
12	-1,68	0	0	29,95	1,95	1522,40	2,89	101,00	2,85
13	1,68	0	0	30,51	2,24	1954,40	2,82	100,50	2,84
14	0	-1,68	0	29,98	2,03	1744,50	1,69	93,00	2,62
15	0	1,68	0	30,54	2,10	1669,40	2,71	96,50	2,92
16	0	0	-1,68	30,42	1,96	1240,30	1,07	99,00	2,98
17	0	0	1,68	30,43	2,08	1628,70	2,07	97,50	3,05
18	AMOSTRA PADRÃO			30,49	2,05	1761,80		103,00	2,59

Os resultados das análises físico-químicas de pães brancos mostram também que as enzimas influenciaram nos resultados, mas que a ausência delas não deixa a amostra pior, mas sim melhor que as amostras com enzimas.

A TGM e a xilanase influenciaram positivamente na textura da amostra, mas, como, quanto maiores os valores de textura, maior é a força em compressão realizada pelo equipamento sobre a amostra, ou seja, mais dura ela é, a adição destas enzimas não foi interessante. Para Collar *et al.* (2005), a adição de α -amilase resultou num pão mais macio, enquanto a TGM não influenciou na textura, o que vai contra o que foi encontrado neste trabalho. Linko *et al.* (1997) concorda com Collar *et al.* (2005), dizendo que o tratamento com α -amilase melhora o manuseio da massa e resulta em maior maciez e volume do pão. Sahlström & Bräthen (1997) não observaram nenhum efeito na firmeza do miolo ao utilizar a adição de enzimas.

Para cor do miolo, a adição da associação amilase-xilanase influencia positivamente nos resultados, assim, quanto maior a quantidade destas enzimas, mais intensa é a cor do miolo. Porém, os valores encontrados nas amostras com enzimas não diferem significativamente do valor da amostra padrão, um pouco mais clara que as outras.

Em relação à altura das fatias e ao volume específico dos pães brancos, é possível concluir que um dos maiores valores para estas características está na amostra padrão, o significa que, para se ter uma boa altura das fatias e um volume específico alto não é necessário adicionar enzimas. Estes resultados são contrários aos de Motoki e Seguro (1998) que estudaram as características e aplicações da TGM e observaram que a mesma era capaz de manter ou aumentar o volume do pão. Gebruers *et al.* (2005) analisaram duas xilanases de origens diferentes e, enquanto uma não influenciou no volume do pão, a outra aumentou significativamente o volume devido ao aumento da viscosidade que ocorreu na massa. Sahlström e Bräthen (1997) perceberam que a adição de α -amilase não influenciava significativamente no volume do pão, perceberam que havia apenas uma pequena tendência a aumentar o volume quando a mesma era adicionada.

3.3.2 Pão Integral

A Tabela 8 apresenta o planejamento experimental para as três variáveis independentes (concentração de transglutaminase, amilase e xilanase) em relação a todas as análises realizadas.

Tabela 8. Planejamento experimental para as análises físico-químicas.

Amostra	TGM	AMIL.	XILAN.	Umidade (%)	Cinzas (%)	Textura (g)	ΔE^*	Altura (mm)	Vol. Esp. (cm ³ /g)
1	-1	-1	-1	33,69	2,29	4079,90	0,79	84,00	2,40
2	1	-1	-1	34,06	2,32	4302,10	0,64	84,00	2,03
3	-1	1	-1	32,17	2,47	3170,10	0,93	84,50	2,15
4	1	1	-1	32,88	2,38	3350,10	0,59	77,00	2,37
5	-1	-1	1	33,53	2,45	3534,40	0,46	77,00	2,52
6	1	-1	1	33,20	2,47	2999,60	0,46	81,00	2,48
7	-1	1	1	33,12	2,40	4323,00	0,42	80,50	2,49
8	1	1	1	33,23	2,53	4796,40	1,00	81,00	2,43
9	0	0	0	33,96	2,42	4665,60	0,86	80,50	2,47
10	0	0	0	34,33	2,69	4326,50	0,83	84,50	2,32
11	0	0	0	33,39	2,51	4075,10	0,60	82,50	2,22
12	-1,68	0	0	33,62	2,53	3914,20	1,09	86,50	2,29
13	1,68	0	0	32,47	2,43	4115,00	1,14	80,50	1,98
14	0	-1,68	0	32,55	2,48	3938,60	1,50	86,00	1,80
15	0	1,68	0	33,44	2,50	2997,70	0,69	87,00	1,97
16	0	0	-1,68	32,49	2,47	3424,10	1,73	85,50	2,19
17	0	0	1,68	33,49	2,40	3507,70	0,74	83,50	2,03
18	AMOSTRA PADRÃO			33,13	2,55	4285,90		83,50	1,93

Em relação aos resultados das análises físico-químicas dos pães integrais pode-se dizer que as enzimas influenciaram apenas nas variáveis cor do miolo, altura das fatias e volume específico.

A xilanase influenciou negativamente no miolo do pão integral, sendo capaz de escurecer a cor, característica esta na maioria das vezes positiva. Uma consideração importante a se fazer é que a diferença de cor entra a amostra com maior concentração de xilanase e a amostra padrão é tão pequena que não chega a ser necessária a adição da enzima.

Enquanto, para pães brancos, a amilase influenciou na altura das fatias e no volume específico, para pães integrais, a transglutaminase e a xilanase influenciaram. Porém, a influência delas foi negativa, ou seja, para se ter uma maior altura das fatias e um volume maior, é melhor não adicionar estas enzimas. Estes resultados são contrários aos de Motoki e Seguro (1998) e de Romanowska *et al.* (2006), que estudaram as características e aplicações da TGM e xilanase, respectivamente, e observaram que as duas eram capazes de manter ou aumentar o volume do pão, o que não foi percebido neste trabalho.

4 CONCLUSÃO

Mesmo muitos autores e indústrias de enzimas defenderem o uso das mesmas para panificação, neste trabalho ficou comprovado que a adição delas não é necessária para se ter um pão com boa qualidade e com características exigidas pelos consumidores.

Observou-se que o efeito da associação das três enzimas testadas não foi significativo, pois na maioria das características avaliadas o melhor resultado foi o apresentado na amostra padrão, sem adição de enzimas. Apesar de, em alguns casos, as enzimas ou associações destas influenciarem em algumas variáveis, este resultado não chega a ser significativo para justificar a utilização das mesmas, visto que seu valor de mercado é bastante alto.

Abstract

ENZYMATIC MODIFICATIONS ON WHITE BREAD AND WHOLEMEAL BREAD : IMPACT UPON QUALITY

Throughout many decades, enzymes were added to the flour during bread's production with the objective of increasing its volume, taste, aroma, crust's and crumb's structure, softness and lifespan. The present work is proposed to evaluate how the addition of enzymes can influence on the quality of white and wholemeal bread through the use of enzymatic associations of transglutaminase, xylanase and amylase. 17 formulations have been prepared for each type of bread, each one with different enzyme concentrations, according to the experimental planning 2³. The methodology used for the analysis was the Response Surface Methodology – RSM. The basic steps of production were: weighing and kneading; dividing, ball making and resting; molding; fermenting; baking and cooling. Both the standard flours and the ones with the addition of enzymatic associations were submitted to humidity, ashes, gluten level, color, water absorption, stability, elasticity, and extensibility analysis. All 17 formulations and the standard formulation for white bread and wholemeal bread have been submitted to sensorial evaluation using Quantitative Descriptive Analysis. They have also been physically and chemically tested through the analysis of humidity, ashes, texture, color, height of the slices and specific volume. The results obtained from this research proved that the addition of those enzymes is not necessary in order to make good quality bread with characteristics demanded by its consumers. It has been observed that the effect of the association of the 3 tested enzymes was not significant. The standard sample - free of enzyme addition - presented the best results for most of the evaluated characteristics.

KEY-WORDS: ENZYMATIC ASSOCIATION, AMYLASE, TRANSGLUTAMINASE, XYLANASE AND BREAD QUALITY.

REFERÊNCIAS

1. American Association of Cereal Chemist.(2000). **Approved methods of the A.A.C.C. (9th ed.)** The Association: St. Paul, MN.
2. BASMAN, A.; KOKSEL, H.; NG, K. W. Effects of increasing levels of transglutaminase on the rheological properties and bread quality characteristics of two wheat flours. **European Food Research and Technology**. 215, 419-424. 2002.
3. CARVALHO, D. Controle de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas. **Granotec do Brasil** (apostila), 1999.
4. COLLAR, C.; BOLLAÍN, C.; ANGIOLONI, A. Significance of microbial transglutaminase on the sensorial, mechanical and crumb grain pattern of enzyme supplemented fresh pan breads. **Journal of Food Engineering**, v. 70, p. 479-488, 2005.
5. COLLAR, C.; MARTINEZ, J. C.; ANDREU, P.; ARMERO, E. Effects os enzyme associations on bread dough performance. A response surface analysis. **Food Science and**

- Technology International**, v.6, n. 3, p. 217-226, 2000.
6. GEBRUERS, K.; COURTIN, C.M.; MOERS, K.; NOOTS, I.; TROGH, I.; DELCOUR, J.A. The bread-making functionalities of two *Aspergillus niger* endoxylanases are strongly dictated by their inhibitor sensitivities. **Enzyme and Microbial Tchnology**. 36, 417-425, 2005.
 7. HAMMES, G. & WOOD, L. F. J. Enzymes in Food Processing. Second ed. **Blackier Academic and Professional**, Glasgon, UK, p.191-222, 1995.
 8. IAL -INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Ed. São Paulo. 3° ed. 533 p.
 9. KATINA, K., SALMENKALLIO-MARTTILA, M., PARTANEN, R., FORSELL, P., AUTIO, K. Effescts of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. **LWT**, v.39, p.479-491, 2006.
 10. KNIGHT, I. M. & MAZZIERO, G. Aplicação de Enzimas Amilolíticas em Panificação. **Higiene Alimentar**, v.14, n. 72. p.35-46, 2000.
 11. LINKO, Y.; JAVANAINEN, P.; LINKO, S. Biotechnology of bread baking. **Trends in Food Science and Technology**. 8, 339-344, 1997.
 12. MINOLTA. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Japão, 1994. 49 p.
 13. MOTOKI, M; SEGURO, K. Transglutaminase and its use for food processing. **Tends in Food Science and Technology**, v.9, p. 204-210, 1998.
 14. QUEJI, M.F.D.;SCHEMIN, M.H.C.; TRINDADE, J.L.F. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase 2006.
 15. ROMANOWSKA, I.; POLAK, J.; BIELECKI, S. Isolation and properties of *Aspergillus niger* IBT-90 xylanase for bakery. Appl. **Microbiol Biotechnology**, v. 69, p. 665-671, 2006.
 16. SAHLSTRÖM, S.; BRÄTHEN, E. Effects os enzyme preparations for baking, mixing time and resting time on bread quality and bread staling. **Food Chemistry**, vol.58, n.1-2, p.75-80, 1997.
 17. SILVA, M. A. A. P. Desenvolvimento de Perfil Sensorial por Análise Descritiva Quantitativa. **Curso de Extensão – Universidade Estadual de Campinas – FEA**. 75 p, 2004.
 18. STONE, H.S; SIDEL, J.L. **Sensory evalution practices**. London: *Academic Press*, 311 p, 1985.
 19. VAN DAM, H.W; HILLE, J.D.R. Yeast and enzymes in breadmaking. **Cereal Foods World**, v.37, n.3, p.245-252, 1992.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.