

Propriedades das enzimas α -amilase e xilanase comerciais e sua influência na reologia da massa e na qualidade do pão de forma

BECKER, Natalia Branco*; BARATTO, César Milton**; GELINSKI, Jane Mary Lafayette Neves***

Resumo

O pão é um alimento saudável, universal e diário. É fonte de carboidratos, proteínas, fibras e cálcio, sendo, portanto, um alimento de fácil digestão e fonte imediata de energia. Para a fabricação do pão de forma com qualidade organoléptica é indispensável alguns cuidados durante a fabricação, pois muitos fatores estão envolvidos para que o produto final tenha a qualidade desejada pelo consumidor. O objetivo da presente pesquisa foi analisar a influência da ação das enzimas comerciais α -amilase (nome comercial SPRING LIFE B) e xilanase/ α -amilase (nome comercial SPRING 2002) nas características da massa e na qualidade final do panificado. Foi realizada a caracterização das enzimas presentes nos produtos comerciais e elaboradas seis formulações de pães contendo diferentes concentrações enzimáticas para análises comparativas. Os pães foram submetidos à análise microbiológica e à análise de vida de prateleira e, para algumas formulações das massas, foi realizada análise reológica e de glúten. Os resultados mostraram que as atividades enzimáticas referidas pelo fabricante dos produtos estavam presentes, entretanto, a atividade em U/g de xilanase foi inferior ao citado. A qualidade microbiológica foi mantida com a adição dos preparados enzimáticos, e a vida de prateleira melhorou com as formulações contendo a produto SPRING 2002. A utilização das enzimas mostrou-se eficiente para melhorar as características gerais dos pães em comparação ao pão padrão e, entre as concentrações testadas, as intermediárias se destacaram (10g do produto SPRING LIFE B por 50kg de farinha de trigo e 5g de SPRING 2002 para cada 50Kg de farinha de trigo). As análises reológicas das massas mostraram que alguns parâmetros foram insatisfatórios, especialmente na formação da rede de glúten, importante para a estrutura e qualidade do pão. Assim, apesar de sua melhora significativa com a utilização desses complexos enzimáticos, especialmente o contendo xilanase, a utilização de agentes oxidantes seria interessante para promover qualidade ainda superior nos produtos panificados. Palavras-chave: Biotecnologia de alimentos. Enzimas na panificação. Enzimas hidrolíticas.

Properties of commercial α -amylase and xylanase enzymes and its influence on the dough rheology and quality of form bread

Abstract

Bread is a healthy food, universal and everyday. It is a source of carbohydrates, protein, fiber and calcium and is therefore a food of easy digestion and immediate energy source. For the fabrication of form bread with organoleptic quality is necessary some care

* Graduanda em Biotecnologia Industrial pela Universidade do Oeste de Santa Catarina campus de Videira/SC; biotecnologiaindustrial@gmail.com

** Doutor em Ciências; Professor e Pesquisador do Núcleo Biotecnológico pela Universidade do Oeste de Santa Catarina campus de Videira/SC; cesar.baratto@unoesc.edu.br

*** Doutora em Ciências dos Alimentos-Bromatologia; Professora e Pesquisadora do Núcleo Biotecnológico pela Universidade do Oeste de Santa Catarina campus de Videira, SC; jane.gelinski@unoesc.edu.br

during manufacture, because many factors are involved for the final product has the quality desired by the consumer. The aim of this study was to analyze the action influence of commercial enzymes α -amylase (trade name LIFE SPRING B) and xylanase / α -amylase (trade name SPRING 2002) on the characteristics of the dough and quality of the end baking. Was performed the characterization of enzymes present in commercial products and was developed six breads formulations with different enzymatic concentrations for analysis. Breads were subjected to microbiological and the shelf life analysis, and for some formulations of the dough, were performed the rheological and gluten analysis. The results showed that the enzyme activities listed by the manufacturer of the products were presents, however, the xylanase activity in U / g was lower than that indicated. The microbiological quality was maintained with the addition of enzymatic preparations, and improved shelf life with the formulations containing the product SPRING 2002. The use of enzymes shown to be effective for improving the general characteristics of bread compared to standard bread, and among the tested concentrations, the intermediate concentrations stood out (10g LIFE SPRING B product per 50 kg of wheat flour and 5 grams of SPRING 2002 for 50 kg wheat flour). Dough's rheological analysis showed that some parameters were unsatisfactory, especially in the gluten formation, which is important for the bread structure and quality. Thus, despite its significant improvement with the use of these enzyme complexes, especially containing xylanase, the use of oxidizing agents would be interesting to promote even higher quality in baked goods.

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de diversos adjuvantes na produção de pães, como emulsificantes hidrocolóides e enzimas, com o intuito de obter um produto com elevado grau de qualidade, vem se tornando prática comum nos últimos anos. O desenvolvimento da tecnologia de panificação é um fenômeno de grande impacto na indústria de alimentos, crescendo ainda mais a aceitação desse alimento pela população (PARIZA; JOHNSON, 2001).

O pão é um alimento saudável, universal, diário e que, combinado com outros alimentos como queijo, carnes e saladas, se torna de alto valor nutricional. É fonte de carboidratos, proteínas, fibras e cálcio sendo, portanto, um alimento de fácil digestão e fonte imediata de energia. Pode ser consumido por quase todas as pessoas, exceto aquelas intolerantes ao glúten (TURSI et al., 2008).

No Brasil o consumo de pão de forma chegou a 30 kg *per capita*. Devido a sua demanda, o mercado brasileiro importa do Canadá e Argentina cerca de 50% do volume de trigo para consumo doméstico, sendo o segundo maior importador mundial de trigo, consumindo 9,5 toneladas por ano (ESTELLER; AMARAL; LANNES, 2004).

O segmento de panificação e confeitaria no Brasil representa um faturamento anual de aproximadamente US\$ 16 bilhões. A mão-de-obra direta empregada pelo setor é de 550 mil trabalhadores. O setor é composto por 105 mil pequenos empresários em 52 mil empresas representando 85% do mercado; o restante do mercado é disputado pelos fabricantes de pães industrializados, que utilizam apenas 3% do volume de farinha de trigo do setor (ESTELLER; AMARAL; LANNES, 2004).

Segundo Kent (1987), o pão de forma é obtido a partir da mistura de: farinha de trigo, água, açúcar, fermento, gordura e sal. Podendo-se incluir outros ingredientes como outros cereais, melhoradores, emulsionantes entre outros. Depois de assado apresenta um miolo com poros finos e de textura macia. Dessa forma, o pão deve apresentar aparência de massa cozida, simetria, cor, aroma e sabor característicos. A cor da parte externa superior deve ser dourada/amarelada, natural

e uniforme. A espessura da casca deve medir, aproximadamente, de 1 a 2mm. O miolo deve apresentar cor branco-creme uniforme, ser poroso, leve, homogêneo e elástico; não deve aderir aos dedos quando comprimido.

O pão de forma de boa qualidade apresenta miolo consistente, textura macia e aveludada, sedosa e elástica. Miolo frágil ou com muitos buracos pode ser decorrente de erros na formulação e no processamento, tais como: excesso de melhoradores, mistura inadequada, massa muito dura, moldagem malfeita e fermentação (FERREIRA; OLIVEIRA; PRETTO, 2001). Por outro lado, devido à grande porcentagem de água necessária para tais características, a vida de prateleira do pão de forma se restringe a 10 dias. Para aumentar a maciez do pão e, concomitantemente a duração, utilizam-se conservantes (FERREIRA; OLIVEIRA; PRETTO, 2001).

Para a fabricação, com qualidades organolépticas, é indispensável que haja dois processos durante a fabricação (KENT, 1987): formação da rede de glúten, responsável pela elasticidade, resistência e estabilidade da massa, e a produção de gás carbônico pela ação das enzimas e leveduras sobre o açúcar. Assim, para se obter maior formação de rede de glúten, a indústria da panificação conta com os melhoradores de farinha. Entre eles, encontramos os agentes oxidantes como produtos importantes na tecnologia da panificação, pois atuam diretamente sobre a estrutura das proteínas do glúten, reforçando a rede por meio da formação de ligações dissulfídicas (LOPES et al., 2007).

Outra linha de melhoradores são as enzimas empregadas na produção de diversos produtos e ingredientes alimentícios. Na panificação são utilizadas como componentes de melhoradores ou condicionadores de massas. As enzimas mais utilizadas em panificação são as amilases, porém, recentemente, vêm sendo introduzidas novas enzimas na tecnologia de panificação, entre as quais podemos destacar as hemicelulases, incluindo as xilanases, as glicose-oxidases, as lipases e as proteases (AMMAR et al., 2002; PARIZA; JOHNSON, 2001; COURTIN, DELCOUR, 2002; QUEJI et al., 2006).

De acordo com a legislação (BRASIL, 2005), algumas substâncias podem ser adicionadas à mistura para realizar o tratamento da farinha de trigo com a finalidade de torná-la potencialmente panificável; entre elas se encontram as enzimas amilases e proteolíticas, os amaciadores, os agentes branqueadores e oxidantes. A utilização de enzimas na panificação até concentração de 1% está autorizada pela Resolução n. 386 de 5 de agosto de 1999. E cada vez mais novos produtos desta natureza são lançados para a indústria de panificação, sendo importante sua avaliação quanto às especificações e sua qualidade (ESTELLER; AMARAL; LANNES, 2004).

Com esta pesquisa objetivou-se a análise de diferentes formulações para o pão de forma contendo complexos enzimáticos comerciais. Foram testadas formulações contendo diferentes concentrações de enzimas amilase e xilanase e as influências dessa na estrutura da massa, obtidas a partir de análises reológicas, ou na qualidade do produto final.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nos laboratórios Usina de Alimentos, no Laboratório de Biologia Molecular (Unoesc/Videira) e no Laboratório de análises farinográficas (Moinho Specht Joaçaba/SC).

2.1 MATÉRIAS-PRIMAS

Para a produção do pão de forma foram utilizados: farinha de trigo (Specht), com as seguintes especificações: umidade 11 a 14%; proteínas 9 a 16%; gordura 1,8 a 2,5%; cinzas 1,6 a 2,0%; carboidratos 69 a 76%, fermento fresco prensado (Levsaft - Lesaffre), sal refinado, sacarose e gordura vegetal hidrogenada a 55%.

As enzimas comerciais utilizadas nos experimentos, próprias para a panificação, são produzidas pela Empresa Granotec do Brasil S.A - Nutrição e Biotecnologia, apresentando as seguintes especificações:

- Xilanase (nome comercial SPRING 2002) - Endo-1,4-beta-xilanase (hemicelulase), produzida pelo fungo *Aspergillus oryzae*. Atividade enzimática de 4.260 UHMG/g, pH ótimo de atuação de 4,0 a 6,0, temperatura ótima de atuação 25 à 65°C. Este aditivo para panificação possui também atividade de α -amilase produzida pelo mesmo fungo, sem especificação de atividade. Segundo o fabricante, a dosagem indicada é de 2,5g à 7,5g/50Kg de farinha.

- α -amilase (nome comercial SPRING LIFE B) - Alfa-amilase maltogênica produzida pelo microrganismo *Bacillus stearothermophilus*, por fermentação submersa. Atividade enzimática de 5.200 UAMG/g, pH ótimo de atuação 4,0 a 6,0, temperatura ótima de atuação 25 a 75°C. A dosagem recomendada pelo fabricante é de 5g à 22,5g/50Kg de farinha.

2.2 DETERMINAÇÃO DAS ATIVIDADES ENZIMÁTICAS

Foram determinadas as atividades de amilase, de ambos os preparados comerciais (SPRING 2002 e SPRING LIFE B), e de xilanase, para o produto específico com esta atividade (SPRING 2002).

2.2.1 Atividade amilolítica – Amilase

Para a determinação da atividade de α -amilase maltogênica (glicano 1,4- α -glicanohidrolase, E.C. 3.2.1.133), utilizou-se o método de determinação atividade amilolítica sacarificante, que é dada pela medida da liberação de grupos redutores utilizando-se o método do ácido dinitrosalicílico (DNS), segundo Fernandes et al. (2007), com algumas modificações. Primeiramente o preparado enzimático foi diluído em água ultrapura (0,01g/mL). A reação contendo 0,1 mL da solução enzimática, 0,2 mL de solução de amido (1,0%), e 0,2 mL de tampão acetato 0,1 M pH 5,0, foi incu-

bada por 10 minutos a 40 °C. A reação foi paralisada adicionando-se 0,2 mL do reagente DNS, sendo a mistura incubada em banho-maria a 100 °C por 5 minutos. Em seguida foi resfriada e adicionada 1 mL de água destilada. Após a homogeneização foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 540nm. Uma unidade de atividade foi definida como a quantidade de enzima capaz de liberar 1 μ mol de glicose por minuto, utilizando uma curva padrão da glicose de acordo com Miller (1959).

2.2.2 Atividade de hemicelulase – Xilanase

A atividade enzimática para xilanase (Endo-1,4-beta-xilanase; E.C. 3.2.1.8) foi determinada de acordo com Shah, Shah e Madamwar (2006), com algumas alterações, onde: uma mistura de reação contendo 0,1 mL da solução enzimática (0,01g/mL), 0,2 mL de xilana (Birchwood-Sigma) a 1,0%, em água destilada, e 0,2 mL de tampão acetato 0,1 M pH 5,0, foi incubada por 10 minutos a 40 °C. A leitura foi procedida pelo método com DNS como descrito anteriormente. Uma unidade de atividade de xilanase foi definida como a quantidade de enzima capaz de liberar 1 μ mol de xilose por minuto, nas condições de reação, utilizando curva padrão de xilose.

As reações foram realizadas em triplicatas. Os resultados de atividade enzimática foram submetidos à análise estatística (Análise de Variância – ANOVA) para identificar a existência, ou não, de diferença significativa entre as atividades, de acordo com o teste de Tukey, com 5% de significância, utilizando-se o *software* BioStat 5.0 (SOUSA; ESPOSITO; CARVALHO FILHO, 2010).

2.3 PRODUÇÃO DOS PÃES

Os pães, de maneira padronizada, foram produzidos pelo método direto com a adição dos ingredientes, em batedeira planetária (Arno). As massas foram batidas por 2 minutos em velocidade média, posteriormente passadas pelo cilindro até tomarem forma, fermentadas durante 2 horas em estufa com temperatura de 45°C e foram assados em forno turbo por 25 minutos com temperatura média de 180°C. A formulação utilizada como padrão, sem a adição de suplementos enzimáticos (Tabela 1), é a condição comumente utilizada nas panificadoras, sendo a partir desta realizadas as variações nas formulações dos pães.

Para as seis formulações testadas foram utilizadas diferentes concentrações (mínimas, intermediárias e máximas) dos adjuvantes SPRING 2002 (xilanase/amilase) e SPRING LIFE B (α -amilase), de acordo com as especificações fornecidas pela empresa produtora dos preparados enzimáticos (Tabela 1).

Tabela 1 – Formulações dos pães com diferentes concentrações de enzimas

Formulações	Padrão	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Teste 6
INGREDIENTES	Sem enzima	Xilanase-amilase 0,005%	Xilanase-amilase 0,01%	Xilanase-amilase 0,03%	α -amilase 0,005%	α -amilase 0,02%	α -amilase 0,04%
Farinha de trigo	200g	200g	200g	200g	200g	200g	200g
Sal	4g	4g	4g	4g	4g	4g	4g
Açúcar	10g	10g	10g	10g	10g	10g	10g
Gordura 40% lip.	20g	20g	20g	20g	20g	20g	20g
Água	90g	90g	90g	90g	90g	90g	90g
Levedura <i>Sacharomyces cerevisiae</i>	0,15g	0,15g	0,15g	0,15g	0,15g	0,15g	0,15g
SPRING LIFE B	0g	0g	0g	0g	0,01g	0,04g	0,08g
SPRING 2002	0g	0,01g	0,02g	0,06g	0g	0g	0g

Nota: estão destacadas na tabela as linhas com as variações das quantidades dos preparados enzimáticos. Também destacadas as colunas com as formulações que serão utilizadas em análises da qualidade da massa.

As formulações e os procedimentos utilizados para a produção dos pães foram as mesmas para a obtenção das massas que tiveram as propriedades reológicas analisadas.

2.4 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

A análise microbiológica dos pães foi realizada de acordo com Silveira et al. (2007). Termotolerantes a 45°C e *Salmonella* spp./25g foram pesquisados e avaliados segundo padrões microbiológicos recomendados pela legislação brasileira (BRASIL, 2001).

2.5 VIDA DE PRATELEIRA

Depois de esfriados, os pães foram fatiados em 5 fatias para cada teste (formulação), incluindo o padrão. Foram mantidos em embalagem original em estufa bacteriológica a 25°C e observados diariamente para verificar a presença de fungos na superfície, laterais e fundos das amostras, durante duas semanas. O experimento para a estimativa de vida de prateleira foi seguido de acordo com Plessas et al. (2005).

Além da análise da vida de prateleira, os pães foram comparados visualmente quanto à estrutura do miolo, cor da casca e cor do miolo.

2.6 ANÁLISE REOLÓGICA DAS MASSAS

As massas das respectivas formulações em que os pães apresentaram melhores resultados quanto à estrutura visual, microbiológica e vida de prateleira, foram selecionadas para análise reológica, para tal, utilizaram-se dois métodos: análise de glúten e de farinografia.

Estas análises foram desenvolvidas no laboratório de análises farinográficas do Moinho Specht.

2.6.1 Análise de farinografia

A farinografia foi determinada pelo método 54-21 da AACC utilizando o aparelho farinógrafo (Brabender®), avaliando os critérios de absorção de água, tempo de desenvolvimento, estabilidade, tolerância índice, tempo de esgotamento e qualidade farinográfica.

2.6.2 Análise de glúten

As massas foram avaliadas segundo critério de umidade pelo método n°44-15^a da AACC (*American Association of Cereal Chemists*), ou método de estufa. As análises de glúten úmido, seco e índice foram realizadas segundo o método n° 38-12 da AACC, utilizando o aparelho Glutomatic (Perten Instruments).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de enzimas na produção de pães tem se destacado como caminho promissor para a melhoria da qualidade desses produtos. Entre os aspectos destacados estão o aumento da vida de prateleira, ao minimizar os efeitos do envelhecimento (retrogradação), a melhora nas características da massa, interferindo no volume do pão, e melhorando a estrutura do miolo, dentre outros (QUEJI et al., 2006; ARMERO; COLLAR, 1997).

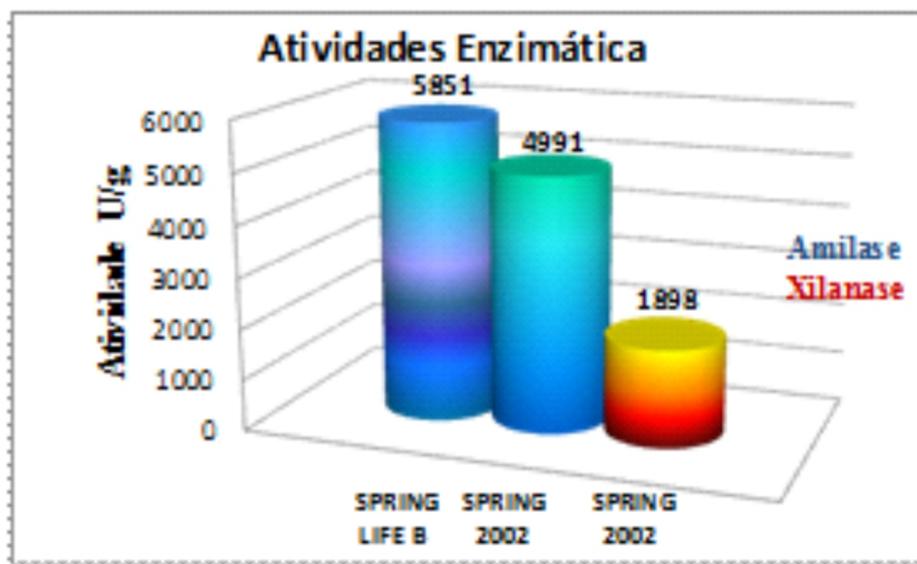
Nesta abordagem, a utilização de enzimas como amilases e xilanases tem ganhado destaque, entretanto, além do tipo específico de atividade, sua concentração também é importante para que o resultado esperado seja atingido (QUEJI et al., 2006; SHAH; SHAH; MADAMWAR, 2006).

Para a realização das análises de efeitos na qualidade do pão de forma de dois complexos enzimáticos comerciais, SPRING 2002 e SPRING LIFE B (Granotec do Brasil S.A), tiveram sua atividade enzimática avaliada. De acordo com os resultados obtidos para a atividade enzimática, nas condições do experimento, a atividade de xilanase do produto SPRING 2002 foi de 1898 U/g (desvio padrão de 222), significativamente inferior ao especificado na embalagem, de 4.260 UHMG/g. Assim, esta diferença pode ser justificada por variações nas condições reacionais que

não são determinadas pelo fabricante, como o pH e temperatura, que são relevantes para a atividade enzimática (PANDEY et al., 2000; AMADIOHA, 1998).

Por outro lado, o aditivo para panificação SPRING LIFE B apresentou uma atividade de α -amilase maltogênica de 5851 U/g, um pouco superior ao especificado na embalagem, 5.200 UAMG/g, diferença esta significativa. O produto SPRING 2002, apresentou uma atividade de amilase sacarificante de 4991 U/g (Gráfico 1), confirmando que o produto, além de ter a atividade de xilanase, possui também a amilase.

Gráfico 1 – Atividade enzimática dos preparados comerciais SPRING 2002 e SPRING LIFE B

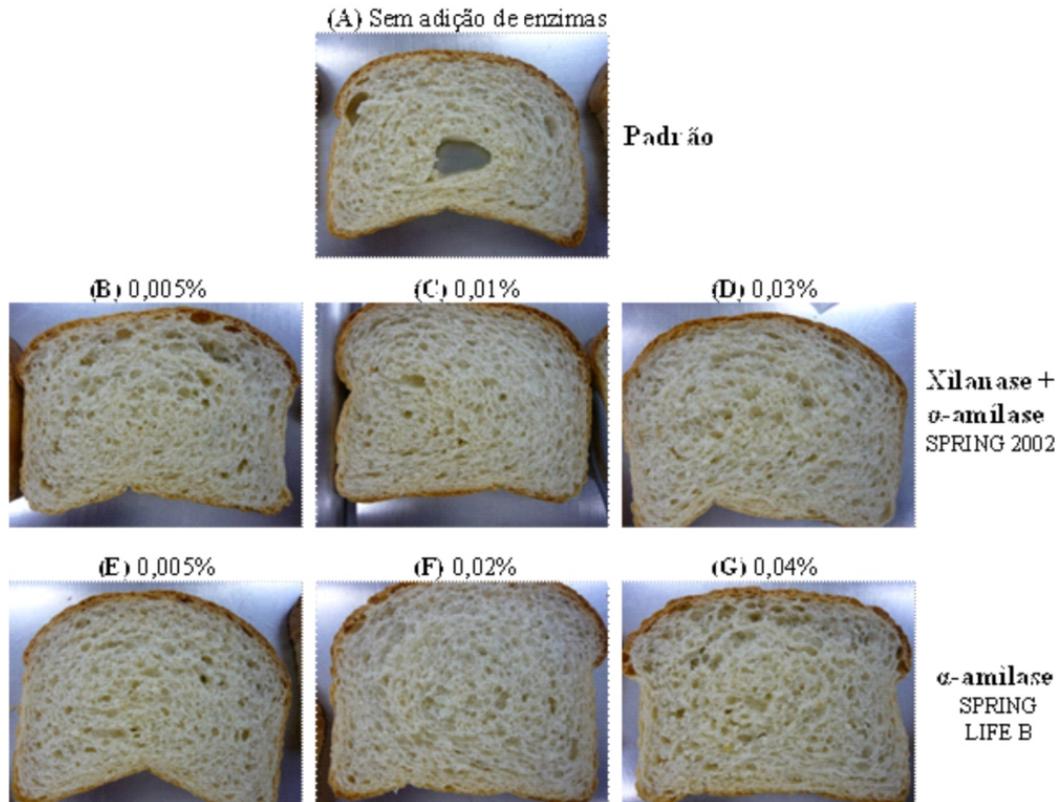


A determinação da atividade das enzimas se faz necessária, pois serve de ponto de partida para especificação da quantidade ou concentração que deve ser usado na formulação dos pães. Esta inferência é relevante, já que em quantidades inferiores, o produto não atinge os resultados esperados. O excesso pode levar à redução da elasticidade da massa, como causada pela amilase, ou a diminuição no grau de polimerização estrutural da massa, causada pela xilanase (QUEJI et al., 2006; COURTIN; DELCOUR, 2002).

Dessa forma, a partir das formulações pré-estabelecidas, com concentrações mínimas, medianas e máximas dos complexos enzimáticos testados e o controle (padrão, sem enzima), observou-se que, entre os testes realizados, as concentrações com melhores resultados foram as intermediárias (Fotografia 1), o Teste 2 (SPRING 2002; Xilanase-Amilase; 0,01%) e o Teste 5 (SPRING LIFE B; α -amilase 0,02%), implicando em uma concentração dos produtos de 5g e 10g/50Kg de farinha de trigo, respectivamente. Salienta-se que, mesmo havendo diferenças nos parâmetros de pré-avaliação entre as formulações, todas apresentaram características gerais melhores do que o pão padrão, indicando a importante atuação da qualidade do produto final dessas enzimas.

Fotografia 1 – Aspectos dos pães produzidos com diferentes concentrações de Xilanase e α -amilase.

Estão apresentadas as fotografias dos pães produzidos com diferentes concentrações de enzimas, onde: pão padrão, sem adição de enzimas (Painel A); pães tratados com xilase/ α -amilase (Painéis B-D) ou α -amilase (Painéis E-G). As respectivas concentrações utilizadas dos produtos enzimáticos estão indicadas em cada fotografia



A partir das comparações entre os pães obtidos com as diferentes formulações e o padrão, o pão com xilanase em concentração de 0,01% foi o que apresentou estrutura alveolar menor, o que indica menor eficiência na retenção de água. A importância da aplicação da alfa-amilase na panificação está na sua capacidade de diminuir o amido danificado na moagem, o que levaria ao aumento na absorção de água pela farinha de trigo, prejudicando a qualidade do produto final, como no volume da massa e na textura do miolo (MÓDENES; SILVA; TRIGUEROS, 2009).

A xilanase, por sua vez, auxilia principalmente na degradação da arabinoxilana que interfere na coagulação ou polimerização do glúten, assim, melhora as propriedades reológicas da massa e facilita seu processamento e diminui a retrogradação do amido (COURTIN; DELCOUR, 2002; SHAH; SHAH; MADAMWAR, 2006).

Nas análises microbiológicas realizadas nas formulações contendo as enzimas, coliformes termotolerantes a 45°C foi considerado ausente (NMP < 3,0), bem como, com ausência de *Salmonella* em 25g de produto para todas as formulações, estando de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2001), o que era de se esperar, pois após a cocção do pão, os níveis microbiológicos diminuem drasticamente (PLESSAS et al., 2005).

Com a análise de estimativa de vida de prateleira (*shelf-life*) pode-se constatar que o pão padrão, a partir do 7º dia após a cocção, apresentou formação de bolores. Por outro lado, os pães com as formulações que continham SPRING 2002 (xilanase e amilase) apresentaram um retardo significativo no aparecimento desses microrganismos, ocorrendo apenas após o 10º dia. Os resultados estão em acordo com Giménez et al. (2007) e com Courtin e Delcour (2002), os quais demonstraram que, com adição desta enzima, entre as melhoras na qualidade do pão, está a vida de prateleira do produto; uma possível explicação está na diminuição da umidade do produto final.

A formulação com cada preparado enzimático, que a partir das análises prévias, apresentou melhores resultados (Teste 2 e Teste 5), teve a reologia da massa avaliada, juntamente com o padrão. Assim, com a farinografia foram avaliados critérios de absorção de água, tempo de desenvolvimento, estabilidade, tolerância índice, tempo de esgotamento e qualidade farinográfica. A Tabela 2 mostra os resultados obtidos mediante farinograma.

De acordo com os resultados obtidos, por intermédio do farinograma, a absorção de água não teve alterações importantes em relação ao padrão. Este parâmetro indica a qualidade da farinha refletida pela capacidade de intumescimento do glúten e o teor de amido danificado, que irá determinar a consistência da massa, pois a água reforça a união de gliadina e glutenina, dando origem ao glúten (GUTKOSKI et al., 2008).

Tabela 2 – Resultados da farinografia das massas com os tratamentos enzimáticos

Parâmetros Analisados	Padrão	Teste 2	Teste 5
Absorção de água	61,90%	60,70%	61,50%
Tempo de desenvolvimento	1,7 min	1,9 min	1,7 min
Estabilidade	8,2 min	3,4 min	6,7 min
Tolerância index	46 BU	64 BU	55 BU
Tempo de queda	3,1 min	3,4 min	3,0min
Número de qualidade farinográfica	31	34	30

Nota: Teste 2 - SPRING 2002 a 0,01% e Teste 5 - SPRING LIFE B a 0,02%.

Para o tempo de desenvolvimento da massa houve um pequeno aumento deste índice no Teste 2, com adição de xilanase. Este parâmetro está relacionado com a fermentação do pão. É interessante, portanto, que a massa tenha o desenvolvimento do glúten em menor tempo possível porque do contrário, não conseguirá reter os gases produzidos pelas leveduras, resultando em um produto de baixo volume (SHAH; SHAH; MADAMWAR, 2006). No trabalho desenvolvido por Queji et al. (2006) a dição de α -amilase em quantidades baixas também não alterou este índice, havendo uma diminuição do tempo, com a adição em excesso da enzima.

Em ambos os tratamentos, mas especialmente com a adição da xilanase/amilase, houve diminuição da estabilidade e aumento no índice de tolerância em relação ao padrão. Estes resultados indicam que a capacidade de resistência ao processo mecânico de mistura pode ser afetada, prejudicando a formação de uma rede forte e diminuindo a resistência ao amassamento (QUEIJI, 2005).

Nunes (2008) encontrou bons resultados de estabilidade da massa com a presença de alfa-amilase, xilanase e transglutaminase; e com a presença somente de alfa-amilase a massa teve o melhor índice de tolerância à mistura, apesar de em seus resultados finais a adição de enzimas não ter alterado significativamente a qualidade do pão.

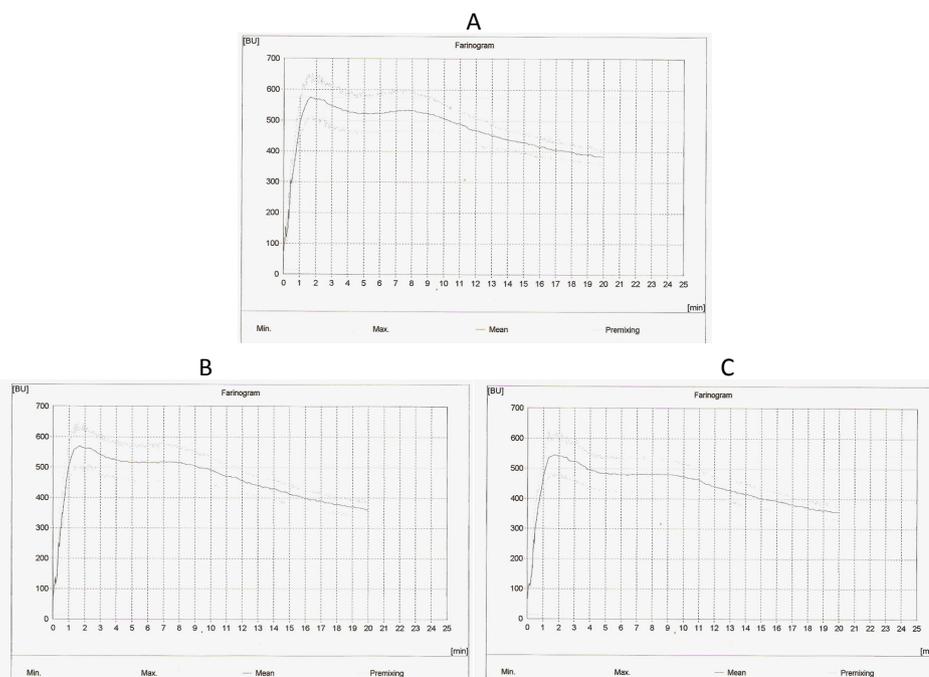
De acordo com Queji et al. (2006), a adição da enzima α -amilase à farinha de trigo melhorou as características mecânicas de mistura da massa, observadas pelos resultados obtidos de estabilidade e índice de tolerância. A propriedade de distensão da massa (extensibilidade) foi intensificada e a elasticidade foi reduzida conforme a concentração da enzima foi sendo aumentada.

De forma geral, os piores resultados de reologia da massa foram obtidos com as formulações contendo xilanase, pois esta relaxa as proteínas retardando a formação do glúten. Entretanto, este resultado indica que sua utilização seria eficiente na formulação de uma pré-mistura industrial, onde o tempo de desenvolvimento deve ser mais prolongado evitando sua “queima”.

Além disso, a formulação com esta enzima apresentou um tempo de queda maior, parâmetro este, que determina quanto tempo que a massa pode ser misturada sem perder suas características. O melhor índice de qualidade farinográfica foi dado a esta formulação.

Os resultados demonstrativos dos farinogramas ou gráficos de farinógrafos estão representados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Farinogramas obtidos com o padrão (painel A), Teste 2 (painel B) e Teste 5 (painel C)



Seguindo as análises reológicas das massas testadas, foram obtidos os resultados referentes ao teor de glúten (Tabela 3). De acordo com os resultados, não houve grandes diferenças entre as formulações testadas com o padrão quanto ao porcentual de umidade, de glúten úmido e seco. Estes parâmetros são importantes indicadores da presença de glúten formado na massa, em que, especificamente, o teor de glúten úmido e seco é uma medida quantitativa das proteínas formadoras de glúten as quais são responsáveis pela força e qualidade da massa (SLIWINSKI et al., 2004; VIEIRA et al., 2010).

Tabela 3 – Resultados da análise de glúten das formulações de massas

Parâmetros Analisados	Padrão	Teste 2	Teste 5
Umidade (%)	14,60	14,30	14,40
Glúten Úmido (%)	29,74	29,45	27,73
Glúten Seco (%)	9,66	9,47	9,64
Glúten Índice	92,21	85,02	81,24

Por outro lado, para o glúten índice, ocorreu a diminuição nas formulações com as enzimas, comparadas com o controle. O valor deste índice é inversamente proporcional ao glúten úmido e reflete a “força” do glúten ou a qualidade deste (LARRÉ et al., 2000). Dessa forma, uma alternativa que pode garantir o uso de enzimas, aproveitando seus benefícios e, ao mesmo tempo, mantendo a qualidade do glúten, é adição de agentes oxidantes. Esta estratégia tem se mostrado bastante promissora na panificação (JESUS JUNIOR; SARAIVA, 2009), podendo estes oxidantes serem químicos ou enzimáticos (LARRÉ et al., 2000; LOPES et al., 2007).

4 CONCLUSÃO

Foi confirmada a presença das atividades indicadas pelo fabricante nos produtos enzimáticos de panificação (SPRING 2002 e SPRING LIFE B), apesar da atividade de xilanase estar em quantidade inferior ao especificado.

Não houve alteração na qualidade microbiológica pela adição dos preparados enzimáticos; a vida de prateleira foi ampliada com as formulações contendo o produto SPRING 2002, que possui a enzima xilanase.

Os pães com formulações contendo as enzimas comerciais apresentaram características visuais superiores ao pão padrão, com maior quantidade, tamanho e melhor distribuição de alvéolos e, entre as concentrações testadas, as intermediárias se destacaram, sendo 10g do produto SPRING LIFE B por 50kg de farinha de trigo e 5g de SPRING 2002 para cada 50Kg de farinha de trigo.

Nas análises reológicas das massas, alguns parâmetros analisados foram insatisfatórios, especialmente na formação de glúten, importante para a estrutura do pão. Dessa forma, os efeitos da utilização desses complexos enzimáticos nos produtos panificados seriam maximizados com a utilização de agentes oxidantes.

REFERÊNCIAS

- AMADIOHA, A.C. Effect of cultural conditions on the growth and amyolytic enzyme production by *Rhizopus oryzae*. **Acta Phytopathologica Hungarica**, v. 33, p. 115-121, 1998.
- AMMAR, Y.B. et al. New action pattern of a maltose-forming alpha-amylase from *Streptomyces* sp. and its possible application in bakery. **Journal of Biochemistry and Molecular Biology**, v. 35, n. 6, p. 568-75, 2002.
- ARMERO, E.; COLLAR, C. Texture properties of formulated wheat doughs: relationships with dough and bread technological quality. **Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und Forschung**, v. 204, p. 136-145, 1997.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 10 jan. 2001. Seção 1, p. 45.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 8, de 2 de junho de 2005 – **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo**. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis>>. Acesso em: 15 maio 2011.
- COURTIN, C.W., DELCOUR, J.A. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat Xour bread-making. **Journal of Cereal Science**, v. 35, p. 225-243, 2002.
- ESTELLER, M.S.; AMARAL, R.L.; LANNES, S.C.S. Effect of Sugar and Fat Replacers on the Texture of Baked Goods. **Journal of Texture Studies**, v. 35, p. 383-393, 2004.
- FERNANDES, L. P. Produção de amilases pelo fungo *Macrophomina phaseolina*. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 4, n. 1, p. 43-51. 2007.
- FERREIRA, S. M. R.; OLIVEIRA, P. V.; PRETTO, D. Parâmetros de qualidade do pão francês. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 19, n 2, 2001.
- GIMÉNEZ, A. et al. **Shelf life estimation of brown pan bread: a consumer approach**. Food quality and preference, v. 18, n. 2, p. 196-204, 2007.
- GUTKOSKI, L. C. et al. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 888-894, 2008.
- JESUS JUNIOR, J. E. P.; SARAIVA, F. Z. **Estudo comparativo de diferentes aditivos com função oxidativa sobre a farinha de trigo**. Cascavel, v.2, n.2, p. 143-150, 2009.

KENT, N. L. **Technology of cereals. An introduction for students of food science and agriculture.** Pergamon Press Ltd. Oxford, England. 1987.

LARRÉ, C. et al. Biochemical Analysis and Rheological Properties of Gluten Modified by transglutaminase. **Cereal Chemistry Journal**, v. 77, n. 2, p. 121-127, 2000.

LOPES, A. S. et al. Influência do uso simultâneo de ácido ascórbico e azodicarbonamida na qualidade do pão francês. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 307-312, 2007.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, p. 426-428, 1959.

MÓDENES, A. N.; SILVA, A. M.; TRIGUEROS, D. E. G. Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.3, p.508-512, 2009.

NUNES, J. C. **Modificações enzimáticas em pães brancos e pães ricos em fibras: impactos na qualidade.** 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)– Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PANDEY, A. et al. Advances in Microbial Amylases. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v. 31, p. 135-152, 2000.

PARIZA, M.W., JOHNSON, E.A. Evaluating the safety of microbial enzyme preparations used in food processing: update for a new century. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 33, p. 173-186, 2001.

PLESSAS, S. et al. Bread making using kefir grains as baker's yeast. **Food Chemistry**, v. 93, n. 4, p. 585-589, 2005.

QUEJI, M. F. D.; SCHEMIN, M. H. C.; TRINDADE, J. L. F. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. **Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.**, Ponta Grossa, v. 12, n. 2, p. 21-29, 2006.

SHAH, A.R.; SHAH, R. K.; MADAMWAR, D. Improvement of the quality of whole wheat bread by supplementation of xylanase from *Aspergillus foetidus*. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 16, p. 2047-53, 2006.

SILVEIRA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** São Paulo: Varela, 2007.

SLIWINSKI, E. L. et al. On the relationship between large-deformation properties of wheat flour dough and baking quality. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 247-264, 2004.

SOUSA, J. R. P.; ESPOSITO, M. C.; CARVALHO FILHO, F. S. Composição, abundância e riqueza de Calliphoridae (Diptera) das matas e clareiras com diferentes coberturas vegetais da Base de Extração Petrolífera, bacia do Rio Urucu, Coari, Amazonas. **Revista Brasileira de Entomologia**. v. 54 n. 2, p. 270-276, 2010.

TURSI, A. et al. Effect of Gluten-Free Diet on Pregnancy Outcome in Celiac Disease Patients with Recurrent Miscarriages. **Digestive Diseases and Sciences**. v. 53, n. 11, p. 2925-2928, 2008.

VIEIRA, J. C. et al. Influência da adição de fécula de mandioca nas características do pão tipo chá. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 37-48, 2010.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo apoio financeiro. À Empresa Granotec do Brasil S.A por fornecer os compostos enzimáticos SPRING LIFE B e SPRING 2002, ao Laboratório de análises farinográficas do Moinho Specht Joaçaba/SC e à panificadora Produtos Tuti Bom Alimentos, Fraiburgo/SC.

