

**Melhoramento de farinha espelta por adição de transglutaminase e sua influência na
qualidade de pães de fermentação natural**

**Improvement of spelt flour by the addition of transglutaminase and its influence on the
quality of natural fermentation bread**

**Mejora de la harina de espelta mediante la adición de transglutaminase y su influencia
en la calidad del pan de fermentación natural**

Recebido: 03/06/2020 | Revisado: 10/06/2020 | Aceito: 12/06/2020 | Publicado: 02/07/2020

Patrícia Regina Amante

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6189-9150>

Centro Universitário Una, Brasil

E-mail: patriciareginaamante@gmail.com

Maria Clara Coutinho Macedo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6769-4623>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: clara.macedosl@hotmail.com

Viviane Dias Medeiros Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5490-9584>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: vivianedms@yahoo.com.br

Amanda Neris dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1948-7985>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: amandaneriss@gmail.com

Vinícius Tadeu da Veiga Correia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9789-6015>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: vinciustadeu18@hotmail.com

Camila Argenta Fante

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1707-3850>

Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

E-mail: camilafante@ufmg.br

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da farinha espelta em concentrações diferentes de Transglutaminase (TGase) para a produção de pães de fermentação natural. A farinha espelta é conhecida como um grão ancestral que apesar de suas qualidades nutricionais não tem uma boa qualidade proteica para a produção de pães de longa fermentação. Utilizaram-se testes reológicos laboratoriais de panificação e análise do volume e massa do pão nos diferentes tempos de fermentação (2 – 4 – 6 horas) com diferentes concentrações de TGase (0, 1000, 3000 e 5000 ppm). Design no estudo: os testes foram feitos com 3 repetições. Os dados foram coletados sobre o volume e a massa do pão assado além das avaliações reológicas da massa através de testes de alveografia, extensografia e alveografia. A massa e o volume dos pães assados foram analisadas através o teste ANOVA-two way, incluindo as interações entre as variáveis preditoras e as análises reológicas foram analisadas através o teste de aditividade de Tukey e Análise de Variância. Na avaliação da massa e volume do pão, constatou-se que na farinha espelta a melhor concentração foi de 3000 no tempo de fermentação de 4 horas. Em todas as concentrações de TGase percebeu-se aumento da força da farinha espelta e aumento da elasticidade contudo, não refletiu na melhoria no equilíbrio entre a tenacidade e extensibilidade da massa, entretanto concluindo efeitos significativos nas características da farinha espelta em todas as concentrações de TGase.

Palavras-chave: Farinha espelta; Fermentação natural; Pão artesanal; Transglutaminase.

Abstract

The purpose of this work is to evaluate the quality of spelt flour in different concentrations of Transglutaminase (TGase) for the production of natural fermentation breads of spelt flour is known as an ancestral grain which, despite its nutritional qualities, does not have a good protein quality for the production of long-fermented breads. Laboratory rheological tests were used for baking and analysis of bread volume and dough at different fermentation times (2 - 4 - 6 hours) with different TGase concentrations (0, 1000, 3000 and 5000 ppm). Design in the study: the tests were done with 3 repetitions. Data were collected on the volume and dough of the baked bread in addition to the rheological evaluations of the dough through alveography, extensography and alveography tests. The dough and volume of the baked loaves were analyzed through the ANOVA-two way test, including the interactions between the predictor variables and the rheological analyses were analyzed through Tukey's additivity test and Analysis of Variance. In the evaluation of the dough and volume of bread, it was found that in spelt flour the best concentration was 3000 in the fermentation time of 4 hours.

In all TGase concentrations it was noticed an increase in spelt flour strength and an increase in elasticity, however, it did not reflect in the improvement in the dough extensibility capacity, concluding significant effect in spelt flour characteristics in all TGase concentrations.

Keywords: Spelt flour; Natural fermentation; Homemade bread; Transglutaminase.

Resumen

El presente trabajo tiene por objeto evaluar la calidad de la harina de espelta en diferentes concentraciones de transglutaminase (TGase) para la producción de panes de fermentación natural. La harina de espelta es conocida como un grano ancestral que, a pesar de sus cualidades nutricionales, no tiene una buena calidad proteica para la producción de panes de fermentación larga. Se utilizaron pruebas reológicas de laboratorio para la cocción y el análisis del volumen del pan y la masa a diferentes tiempos de fermentación (2 - 4 - 6 horas) con diferentes concentraciones de TGase (0, 1000, 3000 y 5000 ppm). Diseño en el estudio: las pruebas se hicieron con 3 repeticiones. Se reunieron datos sobre el volumen y la masa del pan horneado, además de las evaluaciones reológicas de la masa mediante pruebas de alveografía, extensografía y alveografía. La masa y el volumen del pan horneado se analizaron mediante la prueba de dos vías del ANOVA, incluyendo las interacciones entre las variables predictoras y los análisis reológicos se analizaron mediante la prueba de aditividad de Tukey y el análisis de la varianza. En la evaluación de la masa y el volumen del pan, se encontró que en la harina de espelta la mejor concentración era de 3000 en el tiempo de fermentación de 4 horas. En todas las concentraciones de TGase se observó un aumento de la resistencia y la elasticidad de la harina de escanda, pero no se reflejó en la mejora de la capacidad de extensibilidad de la masa, por lo que se concluyó un efecto significativo en las características de la harina de espelta en todas las concentraciones de TGase.

Palabras clave: Harina de espelta; Fermentación natural; Pan casero; Transglutaminase.

1. Introdução

O pão é um dos alimentos mais consumidos no mundo (Aplevicz, 2014) e os processos de sua fabricação envolvem grandes somas financeiras. Desse modo, a produção de pães vem sendo continuamente modificada ao longo dos anos, pelo resultado das mudanças de hábitos sociais, pela demanda e pelo interesse em reduzir-se os custos, os processos e o trabalho que o envolvem sua fabricação (Matuda, 2008).

Apesar do expressivo valor movimentado, das tecnologias disponíveis e da industrialização, grande parte do segmento muitas vezes opera com métodos e equipamentos de produção artesanais, campo esse composto de muitas microempresas e de padarias de pequeno porte (Duarte Filho, 2002). As tendências de mercado atuais e um crescente mercado composto por um novo perfil de consumidor, com interesse em produtos de panificação elaborados com métodos artesanais, bem como por produtos alternativos em que se utilizem grãos orgânicos, integrais inclusive farinhas ancestrais como é o caso da farinha espelta.

A espelta (*Triticum aestivum ssp. Spelta*), está recebendo um interesse renovado por suas características nutricionais e agrônômicas. A espelta é uma subespécie de trigo mole, é uma cultura antiga que ainda é cultivada em vários países da Europa Central. O trigo espelta demonstra maior resistência a fatores ambientais do que o trigo comum e pode ser cultivado em condições ecológicas adversas, sem o uso de pesticidas (Zieliński, H et al, 2008). Além disso, o trigo espelta pode crescer em solos pouco drenados e de baixa fertilidade. O grão de trigo espelta moído era usado principalmente como um cereal alternativo para aveia e cevada. Possui um sabor único, maior teor de vitaminas e minerais e é mais nutritivo do que o comum trigo (Lacko-Bartosová & Korczyk-Szabó, 2012). Essas características da Espelta tem levado muitos pesquisadores a estudar formas e produtos sintonizem todas essas tendências.

A Transglutaminase (TGase) aparece como uma possibilidade de melhoramento farinhas como a espelta, pois sua principal característica dessa enzima é fazer ligações entre proteínas. Considerando as várias aplicações da TGase em diversos produtos na indústria alimentícia, esse estudo trabalha com a possibilidade de melhoramento de farinhas fracas na produção de pães de longa fermentação, já que massas elaboradas a partir da farinha de espelta é caracterizada por menor estabilidade, menor elasticidade e maior extensibilidade do que a massa de trigo comum. A massa caracteriza por ser muito macia e pegajosa após o sovamento; assim, o manuseio da massa de espelta é mais difícil e o volume do pão é geralmente menor do que as cultivares modernas de trigo (Pruska-Kedzior, A et al, 2008)

Nesse sentido, esse trabalho se justifica pela importância da busca de novas possibilidades tecnológicas para o melhoramento da farinha espelta visando principalmente para a produção de pães de longa fermentação com maior volume final.

2. Metodologia

Foi realizado um experimento laboratorial de natureza quantitativa. Segundo Pereira AS, Shitsuka DM, Parreira FJ & Shitsuka R (2018), o método quantitativo se faz-se a coleta

de dados quantitativos por meio do uso de medições de grandezas e obtém-se por meio da metrologia, números com suas respectivas unidades.

O experimento laboratorial foi conduzido com objetivo de avaliar o efeito de diferentes concentrações de TGase (0 ppm, 1000 ppm, 3000 ppm e 5000 ppm) na produção de pães de fermentação natural com farinha espelta em diferentes tempos de fermentação (2 horas, 4 horas e 6 horas). A produção e análise dos pães foram realizadas no laboratório de panificação e confeitaria do Centro Universitário Una – Campus João Pinheiro – Belo Horizonte e no Centro tecnológico da empresa Vilma, situada na cidade de Contagem, Brasil, no período de novembro de 2018 a março de 2020, com tratamentos replicados três vezes.

2.1. Delineamento experimental

As amostras do pães foram produzidos com a farinha espelta com quatro concentrações diferentes de TGase (0 ppm, 1000 ppm, 3000 ppm e 5000 ppm) e três tempos diferentes de fermentação (2 horas, 4 horas e 6 horas) com a temperatura de fermentação e umidade controladas.

Procedimento de assamento de pão de espelta, foi realizado em laboratório pelo método de estágio único também conhecido como método direto. Foi realizado um processo onde se mistura todos os ingredientes em um único estágio usando os seguintes ingredientes (100% à base de farinha): água (60%), fermento natural (40%), sal (2%). Depois de misturar todos os ingredientes por 5 minutos na velocidade 4 e mais 6 minutos na velocidade 7 da batedeira da marca Prática Technipan, modelo BP18, – capacidade de 18 l – 8 velocidades. Em seguida, a massa de pão foi dividida (100 g), modelada e colocada para fermentar em câmara climatizada na temperatura de 26°C com umidade relativa de 75%. Os pães foram assados em forno de convecção por 20 minutos a 200 °C. Após o assamento os pães ficaram em temperatura ambiente, colocados em grades para facilitar a troca de calor até que esfriassem e assim pudessem ser pesados novamente na balança analítica de precisão da marca Shimadzu, modelo AY220 e também medido seu volume pelo método de deslocamento de sementes (AACC,2014).

Na metodologia por deslocamento de sementes o volume específico do pão assado é calculado em relação a sua massa (cm^3/g), onde se determina o volume de sementes necessárias para cobrir a amostra até um ponto pré-estabelecido em um béquer padronizado e com volume conhecido (Gutkoski, et al., 2005).

As amostras das farinhas que sofreram os testes reológicos, realizados no centro tecnológico da empresa Vilma, foram retiradas do mesmo lote que foram produzidos os pães, utilizando as 4 concentrações de TGase; 0 ppm, 1000 ppm, 3000 ppm e 5000 ppm, as mesmas utilizadas na produção dos pães. A farinha espelta foi caracterizada em todas as concentrações de TGase nos seguintes equipamentos e métodos:

- Homogeneização das amostras foi realizada em misturador de farináceos, Bender.
- Análises físico-químicas e reológicas foram utilizados alveógrafo Chopin, França; farinógrafo Brabender Farinograph – TS, Inglaterra; e o extensógrafo Extensograph E, marca Brabender, França (AACC, 2011)

2.2. Material

Para a produção de pães e também para a análise reológica, foram utilizados os seguintes insumos:

- Farinha espelta francesa importada pela France Panificação – São Paulo;
- TGase produzida pela empresa japonesa Ajinomoto® comprada na empresa Brasilgastro – São Paulo;
- Cloreto de sódio;
- Fermento natural alimentado à base de água e farinha espelta.

2.3. Análise estatística

Para ambas variáveis resposta (i.e. peso e volume da massa), aplicou-se o teste ANOVA-two way, incluindo as interações entre as variáveis preditoras. Gráficos boxplot foram construídos com as medianas, quartis, máximo e mínimo para cada tratamento (cada tratamento é resultado das combinações dos níveis das duas variáveis preditoras). Aplicou-se a correção de Tukey nos testes de comparações múltiplas. A suposição de normalidade foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk e as suposições de independência e homocedasticidade foram avaliadas graficamente. Para avaliar a correlação entre massa e volume, construíram-se gráficos de dispersão e calculou-se o coeficiente de correlação linear de Pearson. Em todos os testes assumiu-se um nível de significância de 5%. Para cada medida obtida pelos testes de

farinografia, extensografia e alveografia, realizou-se o teste de aditividade de Tukey e Análise de Variância.

Para a análise de componentes principais na tabela de dados utilizando-se a matriz de correlação de Pearson. Foram extraídos os dois primeiros componentes para a análise gráfica.

Software

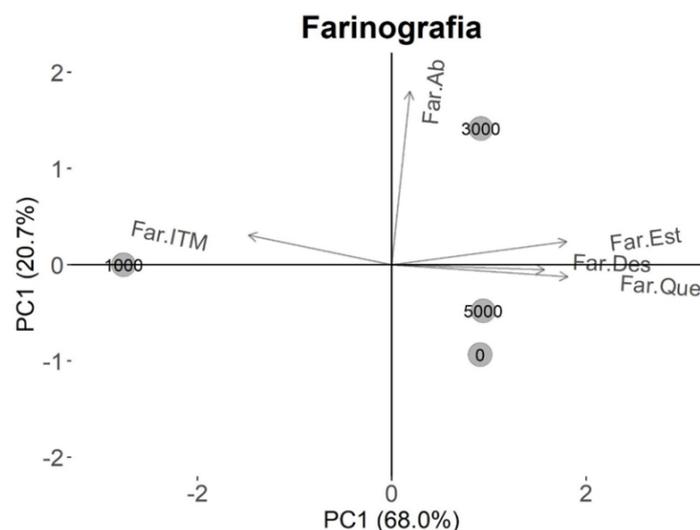
Todas as análises estatísticas foram realizadas através do software R versão 3.5.1 (R Core Team, 2018).

3. Resultados e Discussão

3.1. Análises reológicas e físico-químicas da farinhas espelta

As amostras de farinha espelta nas diferentes concentrações de TGase (0 ppm, 1000 ppm, 3000 ppm e 5000 ppm) foram submetidas aos testes de farinografia, alveografia e extensografia.

Gráfico 1 – Análise dos testes de Farinografia.



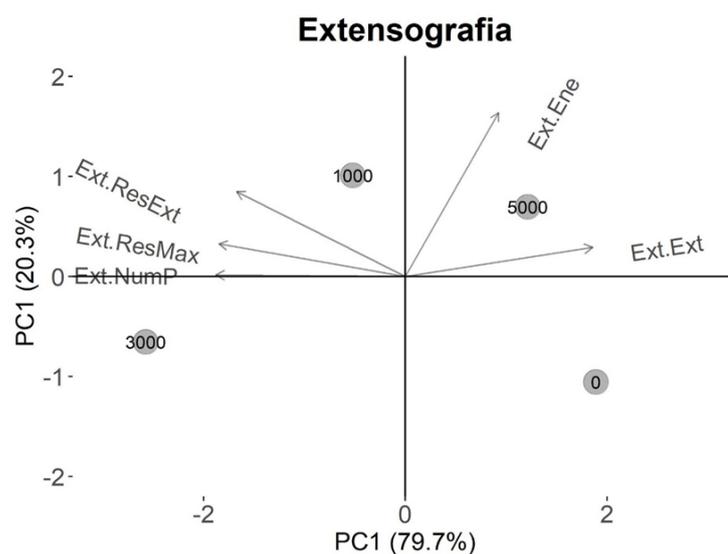
Fonte: Compilado pelos autores a partir dos dados coletados (2020).

O Gráfico 1 indica a rapidez com que a estrutura de glúten se rompe após atingir o desenvolvimento pleno. Verificou-se que a concentração de TGase de 1000 ppm se contrapôs aos outros tratamentos, apresentando maiores valores de Índice de Tolerância a Mistura (ITM) e menores valores de Tempo de desenvolvimento (Des), Estabilidade (Est) e Tempo de

quebra (Que), o que a caracteriza com uma farinha que necessita de menor energia para formação de rede proteica mas em contrapartida tem uma menor estabilidade e também rompe-se com maior facilidade. Sobre os outros tratamentos, vemos que a concentração de 3000 ppm se contrapôs às concentrações de 0 e 5000 ppm com maiores valores de Absorção (Ab) e ITM.

A farinha espelta mostrou em todas as concentrações de TGase uma formação de rede de glúten mais forte que refletiu no aumento do ITM. Entretanto essa mesma estrutura proteica não se mostrou estável. Na concentração de TGase de 3000 ppm o tempo de desenvolvimento (Des) da massa foi 5 minutos e 20 segundos, um pouco maior que a média no restante das concentrações que foi de 5 minutos. O ITM para concentração de 3000 ppm foi de 23 UF (Unidades Farinográficas), semelhante de farinha de trigo com alto teor de glúten (Suas, 2012). Entretanto isso não se refletiu em um maior o tempo de quebra (Que), se manteve igual a farinha espelta controle, 11 minutos. Houve queda apenas para a concentração de 1000 ppm. Isso demonstra que, apesar da massa de farinha espelta com a concentração de TGase de 3000 ppm desenvolver mais lentamente e ter um alto ITM, continuou sendo uma massa pouco estável, se quebrou no mesmo tempo que a farinha espelta sem TGase. O comportamento de quebra das massas com TGase se assemelha ao comportamento descrito no estudo de Poutanen, 1997, onde as massas tratadas com TGase 2000 ppm tinham uma energia de ruptura ou firmeza mais alta do que massas não tratadas, porém são massas produzidas com farinha de trigo para a produção de macarrão.

Gráfico 2 - Análise dos testes da Extensografia.



Fonte: Compilado pelos autores a partir dos dados coletados (2020).

O Gráfico 2 refere-se as análises do teste de extensografia, no qual a massa é preparada com a farinha, sal e água tem por finalidade medir características como extensibilidade da massa e a resistência desta à extensão, também chamada de elasticidade ou tenacidade.

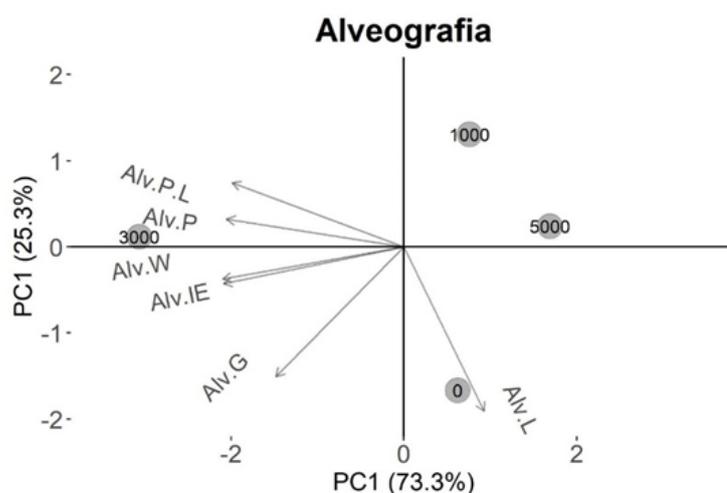
Percebe-se existência de um gradiente da esquerda para a direita com uma tendência decrescente de Resistência a extensão (ResExt), Resistência máxima (ResMax) e Número proporcional (NumP) e uma tendência crescente de Extensibilidade (Ext) e Energia (Ene).

Os tratamentos se localizam neste gradiente da seguinte forma:

$$3000 \text{ ppm} < 1000 \text{ ppm} < 5000 \text{ ppm} < 0 \text{ ppm TGase}$$

O tratamento onde a concentração 3000 ppm de TGase possui os maiores valores de Resistência a extensão, Resistência máxima e Número proporcional e os menores valores de Extensibilidade e Energia. Esses resultados se assemelham ao estudo de Larré et al, 1998, percebeu que a adição da TGase formou de conexões permanentes reforçou a estrutura da rede proteica e modificou as propriedades de viscoelasticidade do glúten da farinha de trigo, podemos afirmar que o mesmo comportamento se repete na rede proteica da farinha espelta.

Gráfico 3 – Análise do teste da Alveografia.



Fonte: Compilado pelos autores a partir dos dados coletados (2020).

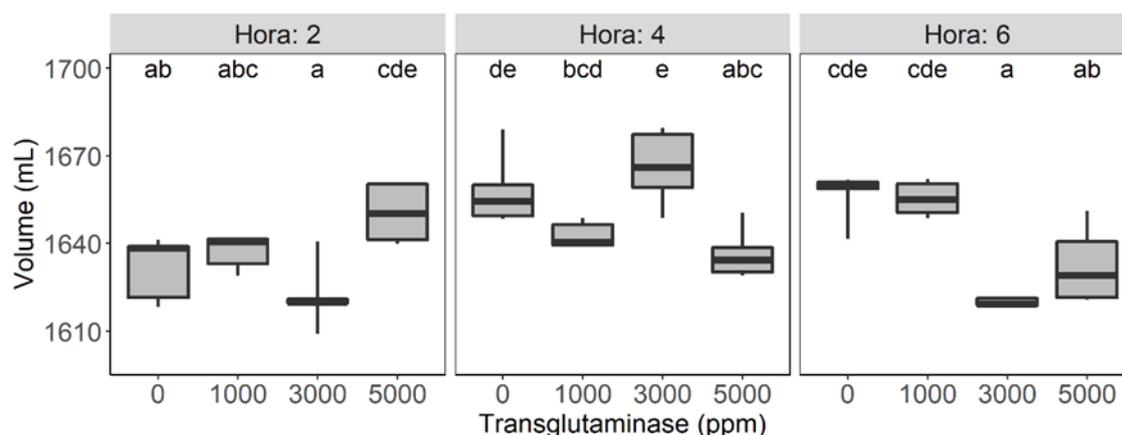
Analisando o Gráfico 3 referente ao teste de alveografia, que avalia a elasticidade, extensibilidade, o equilíbrio entre elas e a força da farinha, nota-se uma oposição entre a concentração de 3000 ppm de TGase em relação às outras concentrações, apresentando maiores valores de configuração ou equilíbrio da curva ou relação de equilíbrio entre tenacidade e extensibilidade (P.L.), tenacidade ou pressão máxima de ruptura (P), energia de deformação também conhecida entre os padeiros como força da farinha (W) e menores valores de extensibilidade (L) em relação às outras três concentrações. Verifica-se que a concentração de TGase de 0 ppm de TGase se opõe às outras duas com maiores valores de L, G, e W. Esse mesmo comportamento de aumento de resistência foi relatado por Poutanen, 1997, massas de farinha de trigo tratadas com a concentração de 2000 ppm, refletiram numa energia de ruptura ou firmeza mais alta do que massas não tratadas.

Na concentração de 3000 ppm TGase onde verificou-se significativo aumento da força (W) da massa quando comparado com outras concentrações de TGase. Além disso, nessa concentração também observou-se aumento P.L, o que demonstrou ser uma massa mais elástica e com menor capacidade de extensibilidade, comprovado o mesmo comportamento no estudo de Losche, 1995 onde a TGase em diferentes concentrações foi uma enzima capaz de melhorar a elasticidade da massa do pão. Além disso a massa feita de farinha espelta é caracterizada por menor estabilidade, menor elasticidade e maior extensibilidade do que a massa de trigo comum (Gálová Z, 2002), assim sendo, podemos concluir que a TGase fortaleceu um dos pontos críticos da farinha espelta que sua baixa elasticidade.

3.2. Análise dos pães assados

Para a massa do pão, o modelo ajustado atendeu aos pressupostos do teste ANOVA e apresentou um coeficiente de determinação ajustado igual a 74%.

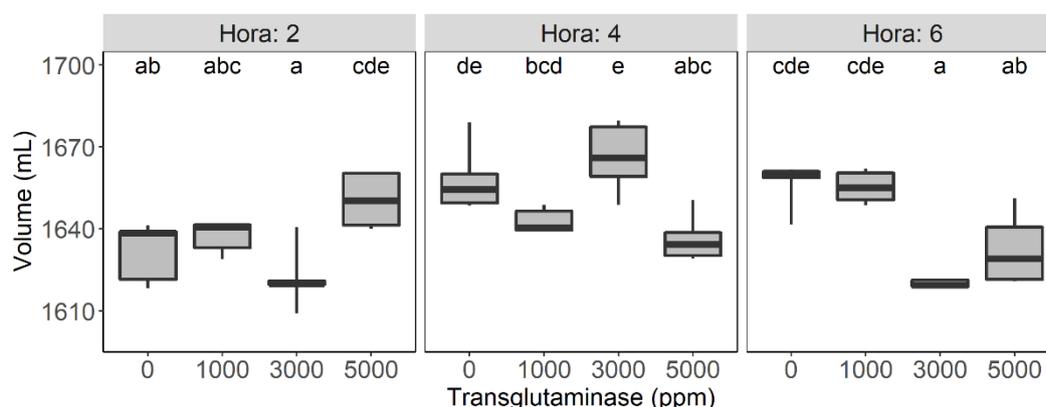
Gráfico 4 – Análise da massa do pão assado.



Fonte: Compilado pelos autores a partir dos dados coletados (2020).

O Gráfico 4 apresenta os valores obtidos nas análises das massas dos pães assados. Nota-se a maior massa foi obtida com a combinação de 3000 ppm de TGase em 4 horas de fermentação. No estudo de Pruska et al (2002) constatou-se que na análise Farinográfica, a capacidade de absorção de água para a farinha de espelta foi ligeiramente menor (57,7%) do que para o trigo mole, porém que apesar dessa característica a concentração de TGase de 3000 ppm no tempo de fermentação de 4 horas, conseguiu segurar melhor a umidade. Essa capacidade pode traduzir num pão mais hidratado e por sua vez com maior tempo de manutenção das suas características sensoriais.

Gráfico 5 – Análise do volume do pão assado.

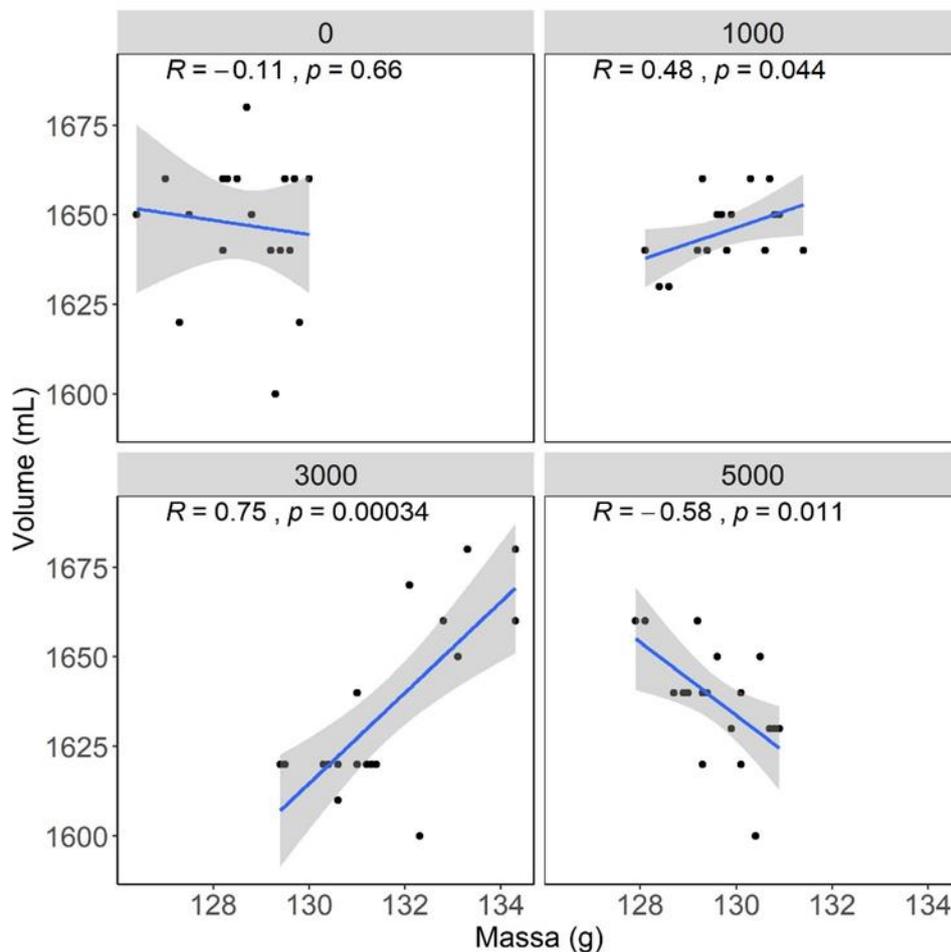


Fonte: Compilado pelos autores a partir dos dados coletados (2020).

O Gráfico 5 ilustra os efeitos das combinações cada variável para a análise do volume

final do pão assado. De acordo com Schober et al (2002), a massa de pão produzida com farinha espelta, o volume do pão é geralmente menor do que as cultivares modernas de trigo. Apesar do nosso estudo não ter como objetivo comparar a farinha de trigo com a farinha espelta, percebeu-se que na concentração de 3000 ppm de TGase em 4 horas de fermentação houve um melhoria no volume do pão. O volume tem grande importância na qualidade final do produto assado, maior volume pode ser traduzido como uma maior leveza no pão.

Gráfico 6 – Correlação entre massa e volume dos pães assados.



Fonte: Compilado pelos autores a partir dos dados coletados (2020).

O Gráfico 6 apresenta a correlação entre massa e volume por concentração de enzima, nota-se uma associação positiva e significativa para 1000 ppm e 3000 ppm de TGase e uma associação significativa e negativa para 5000 ppm TGase. A partir dessa análise verificou-se que a TGase agregou características importantes para a produção de pães com maiores volumes e hidratação. Pois de acordo com Frakolaki G, et al (2017) embora a farinha de

espelta tenha um maior teor de proteínas, ela contém menos glúten, enquanto a farinha de trigo fornece uma massa mais forte e mais elástica, com propriedades superiores à panificação. O pão da farinha de espelta apresenta menor volume específico, cor mais escura da crosta e aumento da dureza da crosta. É importante considerar o tempo de fermentação, onde o melhor momento foi em 4 hora de fermentação e 3000 ppm de TGase.

4. Considerações Finais

A farinha espelta (*Triticum aestivum ssp. Spelta*) é um cereal vem emergindo no mercado como alimento especial principalmente pelas suas qualidades nutricionais e pelo sabor diferenciado. Porém suas características reológicas se apresentam com um menor potencial para panificação quando comparado com a farinha de trigo, principalmente com relação ao volume final do produto. Isso é resultado do equilíbrio entre gliadinas e gluteninas presentes na farinha espelta o que a deixa uma massa com uma boa capacidade de extensão mas baixa elasticidade. Diferentes níveis de concentração de TGase e tempos de fermentação testados mostram que a correlação entre os dois parâmetros tiveram um efeito significativo no volume e massa final no pão produzido com farinha espelta.

A TGase mostrou-se uma enzima capaz de melhorar várias características da farinha espelta em concentrações específicas. Sabe-se que a farinha espelta é uma farinha com proteínas mais fracas para formação de rede de glúten quando comparada com o trigo.

Acredita-se que esse estudo de melhoramento das farinhas possa ser uma primeira proposta para a solução do problema de farinhas fracas para a produção de pães de fermentação natural.

Sugere-se mais estudos com fermentações com tempos mais longos. Talvez um tempo maior de fermentação promova um melhor ambiente para atuação de enzimas naturais da farinha que possa equilibrar a elasticidade e extensibilidade da massa enriquecida com TGase.

Referências

Aplevicz, K. S. (2014). Fermentação natural em pães: ciência ou modismo. *Aditivos & Ingredientes*, 105(1), 36-8.

AACC. (2014). Approved methods of analysis, 11th ed. Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement. American Association of Cereal Chemists. AACC International: St. Paul, MN, U.S.A. <http://dx.doi:10.1094/AACCIntMethod-10-05.01>.

AACC. (2011). AACC 54-20.02: Rheological Behavior of Flour by Farinograph: Constant Flour Weight Procedure. American Association of Cereal Chemists. Minnesota. <http://dx.doi-org.ez27.periodicos.capes.gov.br/10.1094/AACCIntMethod-54-21.02>.

Duarte Filho, A. (2002). Avaliação da capacidade tecnológica da pequena e média empresa de panificação em Curitiba. (Mestrado em Administração). Departamento de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

Gálová, Z., Michalik, I., Knoblochova, H., & Gregova, E. (2002). Variation in HMW glutenin subunits of different species of wheat. *Rostlinna Vyroba*, 48(2), 15-19.

Gutkoski, L. C., et al. (2005) Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma congelada não fermentada durante o armazenamento. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 25(3),460-467.

Frakolaki, G., Giannou, V., Topakas, E., & Tzia, C. (2018). Caracterização química e potencial de panificação de espelta versus farinha de trigo. *Journal of Cereal Science*, 79, 50-56. doi: 10.1016 / j.jcs.2017.08.023

Lacko-Bartosová, M., & Korczyk-Szabó, J. (2012). Technological Properties of Spelt–Amaranth Composite Flours. *Research Journal of Agricultural Science*, 44(1), 90-93.

Larré, C., et al. (1998). Hydrated gluten modified by a transglutaminase . *Nahrung* , 42,155 – 157. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-3803\(199808\)42:03/04%3C155::AID-FOOD155%3E3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-3803(199808)42:03/04%3C155::AID-FOOD155%3E3.0.CO;2-Z)

Losche, I. K.(1995). Enzymes in baking. *The World of Ingredients* May–June 22–25.

Matuda, T. G. (2008) Bread dough freezing study: experimental determination of thermophysical properties and baking performance. (Master in Chemical Engineering). Polytechnic School, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.

Poutanen, K. (1997). Enzimas: An important tool in improvement of the quality of cereal foods. Trends food SCI technology, N8, p 300- 306. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(97\)01063-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)01063-7)

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Pruska-Kedzior, A., Kedzior, Z., & Klockiewicz-Kaminska, E. (2008) Comparação das propriedades viscoelásticas do glúten do trigo espelta e comum. Eur Food Res Technol 227, 199-207 . <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0710-0>

Schober, T. J., Clarke, C. I., & Kuhn, M. (2002). Caracterização das propriedades funcionais de proteínas de glúten em cultivares de espelta utilizando medidas de fatores reológicos e de qualidade. Cereal Chemistry , 79 (3), 408-417.

Suas M.(2012) Panificação e viennoiserie: abordagem profissional. São Paulo: Cengage Learning.

Zieliński, H., Ceglińska, A., & Michalska, A. (2008). Bioactive compounds in spelt bread. European Food Research and Technology, 226(3), 537.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Patricia Regina Amante – 50%

Maria Clara Coutinho Macedo– 8%

Viviane Dias Medeiros Silva– 7%

Amanda Neris dos Santos– 5%

Vinícius Tadeu da Veiga Correia – 10%

Camila Argenta Fante– 20%