

Influência da temperatura de fermentação na formação da estrutura do miolo de pães tipo forma

R. A. ZAMBELLI¹, D. F. PONTES¹, L. F. L. HERCULANO¹, E. R. PONTES¹, P. E. F. MELO¹, D. L. BRASIL¹.

¹ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Tecnologia de Alimentos.
E-mail para contato: Zambelli@alu.ufc.br

RESUMO - O estudo teve como objetivo estudar o efeito da utilização de diferentes temperaturas de fermentação na estrutura do miolo de pães. O experimento foi realizado em câmara de fermentação umidade relativa fixada em 70% e temperatura variando em 25, 30, 35, 40 e 45 °C, avaliou-se através do programa ImageJ® imagens digitalizadas de fatias de pães que foram convertidas para tons de cinza 32-bit e limiarizadas pelo algoritmo de otsu, a partir disto foram calculados os número, área, perímetro e circularidade dos alvéolos. Percebeu-se que com temperaturas superiores a 35 °C a fermentação foi mais dificultosa e isto refletiu na redução dos alvéolos de 1080 (30 °C) para 540 (45 °C). Devido a isto, houve aumento na área e perímetro médio dos alvéolos, com a formação de fendas pela junção de vários alvéolos, o que refletiu nos valores de circularidades, que variou de 0,95 (30 °C) a 0,83 (45 °C) se distanciando do que é considerado um círculo perfeito.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Gomez *et al.* (2008) o tempo e a temperatura que ocorrem o processo de fermentação podem afetar a firmeza inicial e a taxa de endurecimento de miolo de pães de trigo branco e integrais. Purhagen *et al.* (2011) verificaram que os parâmetros de processo e métodos de fabricação de pães influenciam no endurecimento do produto, sendo detectadas diferenças significativas entre processos realizados em laboratório e industrialmente.

A fermentação da massa é uma fase importante no processo de fabricação do pão, afeta os parâmetros do produto final, tais como textura, palatabilidade e a qualidade geral. Esta etapa é uma importante fase dependente da temperatura, em que o metabolismo de leveduras transforma hidratos de carbono assimiláveis e de aminoácidos em dióxido de carbono e álcool etílico como os principais produtos finais (Birch *et al.*, 2013).

A fase de fermentação tem sido extensivamente estudada a partir de vários pontos de vista, todos eles tem como objetivo obter informações sobre o processo e os parâmetros de cozimento, explicando, assim, os fenômenos do processo e melhorar o conhecimento, bem como o controle sobre o produto final. A evolução dos parâmetros de qualidade, tais como o volume de massa, densidade e tamanhos e distribuição dos alvéolos e células de gás são importantes variáveis a serem controladas, uma vez que o seu comportamento tem influência sobre a qualidade do produto final (Lassoued *et al.*, 2007; Ivorra *et al.*, 2014).

Para avaliar microestrutura de miolo de pão, análise de imagens é uma ferramenta conveniente e útil para qualificar e quantificar as características da estrutura do miolo (Demirkesen *et al.*, 2013).

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo estudar o efeito de diferentes temperaturas durante a fermentação de massas para a produção de pães na estrutura do miolo.

O estudo tem como objetivo estudar a variação da temperatura e injeção de vapor durante o processo de fermentação com o delineamento composto central rotacional em formulações de pães tipo forma visando à otimização dos parâmetros físicos dos produtos.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento da formulação de pães tipo forma foi realizado a partir de uma formulação padrão, cuja composição é: 100% de farinha de trigo; 55-60% de água, 10% de Gordura Vegetal Hidrogenada; 5% de açúcar, 3,3% de fermento biológico e 2% de sal.

2.1 Processamento dos Pães Tipo Forma

Os ingredientes foram pesados em balança semi-analítica separadamente. Aplicou-se o método direto, onde todos os ingredientes são colocados simultaneamente no início da etapa de mistura, com exceção do sal e água. Eles foram misturados em misturadora de escala semi-industrial durante 1 minuto em baixa velocidade para a homogeneização dos ingredientes, em seguida foi adicionada a água e misturada por 3 minutos em velocidade média, por último foi adicionado o sal e a massa foi misturada em alta velocidade por 6 minutos até o seu completo desenvolvimento. As massas foram divididas em porções de 250 g e moldadas na forma de elipses manualmente. Foram colocadas em fôrmas de folha galvanizada de ferro de chapa única para pão de forma sem tampa. Em seguida, colocadas em câmara de fermentação regulada em temperaturas de 25, 30, 35, 40 e 45 °C e 70% umidade relativa, durante uma hora e trinta minutos. Ao final da fermentação, as massas foram assadas sem vapor durante 20 minutos a temperatura de 220 °C em forno elétrico de lastro Continental Advance Turbo®. Os pães foram resfriados durante uma hora em temperatura ambiente. A tabela 1 apresenta os tratamentos utilizados.

Tabela 1 – Tratamentos utilizados no estudo da fermentação em diferentes temperaturas

Tratamento	Sigla de identificação	Temperatura de fermentação (°C)
Tratamento 1	T-25	25
Tratamento 2	T-30	30
Tratamento 3	T-35	35
Tratamento 4	T-40	40
Tratamento 5	T-45	45

2.2 Avaliação da estrutura do miolo dos pães tipo forma

Análise do número de alvéolos: As estruturas dos miolos dos pães foram avaliadas através de imagens digitais segundo metodologia descrita por Rosales-Juárez *et al.* (2008); Gonzales-Barrón e Butler (2006) com modificações. As imagens foram obtidas por digitalização em resolução de 550 dpi em scanner HP ScanJet 2400, na área central do miolo com resolução de 900x900 pixels. As imagens obtidas foram analisadas com o software ImageJ® 1.47v (National Institute of Health, USA). As Imagens foram salvas como arquivos

em formato de jpeg e foram cortadas para um campo de vista de 900x900 mm, as imagens coloridas capturadas foram convertidas para 8-bit em tons de cinza, onde foi realizada a limiarização por meio do algoritmo de Otsu. A partir disto, foi possível obter os valores do número de alvéolos, área e perímetro médio, além da circularidade.

2.3 Análise Estatística

A avaliação dos resultados da análise da estrutura do miolo foi realizada por análise de variância (ANOVA), sendo realizado teste de médias ao nível de 5% de significância. A análise foi realizada no programa STATISTICA 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 apresenta o número de alvéolos, área e perímetro médio e a circularidade dos alvéolos obtidos através da análise de imagem.

Tabela 2 – Avaliação da estrutura do miolo dos pães tipo forma em diferentes temperaturas

Tratamento	Número de Alvéolos	Área média dos alvéolos (mm ²)	Perímetro médio dos alvéolos (mm ²)	Circularidade
T-25	1115 ^a ±28	215,18 ^e ±2,18	418,30 ^e ±6,19	0,98 ^a ±0,02
T-30	1080 ^a ±15	384,33 ^d ±3,99	559,22 ^d ±4,43	0,97 ^a ±0,01
T-35	911 ^b ±17	430,84 ^c ±2,73	643,91 ^c ±5,28	0,95 ^a ±0,02
T-40	731 ^c ±31	577,31 ^b ±4,15	774,35 ^b ±2,40	0,90 ^b ±0,02
T-45	540 ^d ±19	718,19 ^a ±4,84	902,89 ^a ±4,85	0,83 ^c ±0,03

¹Letras diferentes em uma mesma coluna não apresentam diferenças significativas (p≤0,05).

O número de alvéolos foi influenciado significativamente, ao nível de 5% de significância, pelo aumento da temperatura de fermentação, quando ocorreu a 25 °C, foi produzido o maior número de alvéolos, de 1.115; quando houve a elevação da temperatura ocorreu menor produção das células de gás, reduzindo o número de alvéolos, que, aos 45 °C de temperatura de fermentação, foi de apenas 540. Isto se deve ao fato de temperaturas acima de 35 °C reduzirem a capacidade fermentativa das células de levedura, dificultando e tornando mais lenta a fermentação, conforme afirma Cauvain (2009).

Segundo Almeida (2012), a formação das células de gás, cerca de 8%, se forma durante a etapa de mistura da massa, onde ocorre a incorporação de ar, que, possui uma composição de 79% de nitrogênio e 21% de oxigênio, durante a fermentação este oxigênio é consumido pelas leveduras e o CO₂ é difundido na massa através de um equilíbrio de fases entre a fase líquida e gasosa, posteriormente ocorre uma elevação da pressão e o CO₂ passa totalmente para o estado gasoso, elevando o volume dos pães e fornecendo pressão às células de gás, futuros alvéolos, que serão preenchidos com o gás carbônico e expandidos durante o forneamento, levando à sua formação. Portanto, com a elevação da temperatura acima de 35 °C, houve redução na produção de gás carbônico devido à redução da atividade da levedura.

Como resultado de uma fermentação dificultosa, houve aumento da área média dos alvéolos, foram obtidos alvéolos com área de 215,18 mm² à 25 °C a 718,19 mm² quando a temperatura foi de 40 °C, todas as áreas médias dos alvéolos apresentaram diferenças significativas. Resultado semelhante foi obtido para o perímetro, que variou de 418,30 mm² para 25 °C a 902,89 para 40 °C, também ocorrendo diferenças significativas em todas as temperaturas estudadas. Shi *et al.* (2013) observaram aumento na área e no perímetro de alvéolos de pães adicionados de filmes de zeína

A circularidade é o parâmetro que mede o quanto os alvéolos se aproximam ou não de um círculo, seus valores a variam de 0 a 1, onde representa o valor de um círculo perfeito (ROSELL e GOMEZ, 2007). A circularidade foi influenciada pela temperatura de fermentação, havendo sua redução. Variou de 0,98 para 25 °C a 0,83 para 40 °C. Matos e Rosell (2012) encontraram valores de circularidade de pães sem glúten variando de 0,64 a 0,81; inferiores no estudo com variação da temperatura de fermentação, o fato de ter sido utilizado pães sem glúten contribuiu para a formação de um miolo com menor uniformidade e mais denso, tendo, portanto, menores valores de circularidade. Não houve diferenças significativas entre a circularidades dos alvéolos dos pães fermentados à 25 °C, 30 °C e 35 °C.

As figuras 1 e 2 mostram a estrutura do miolo para massas fermentadas à 25 °C.

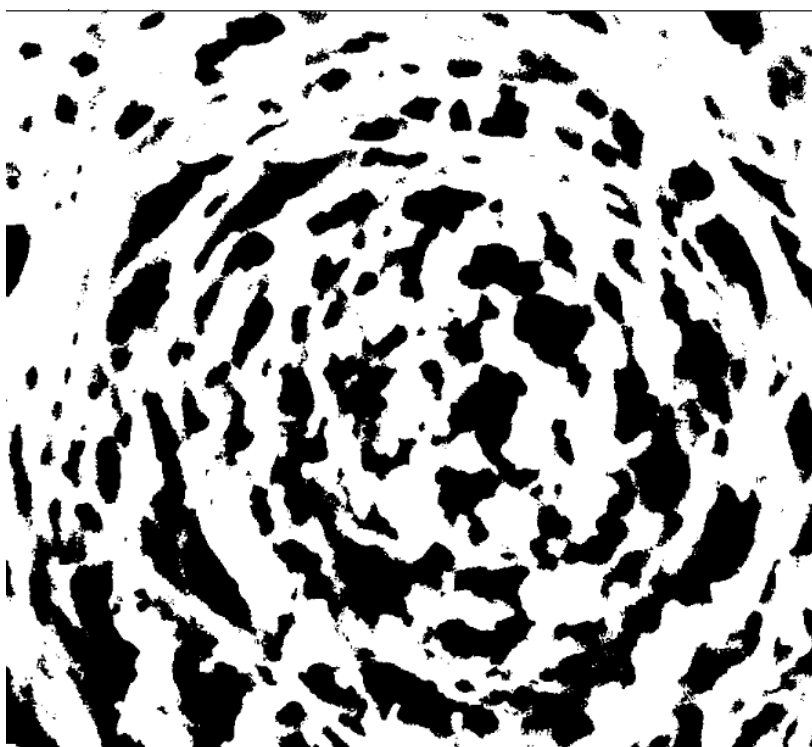


Figura 1 – Estrutura do miolo de pão tipo forma fermentado à temperatura de 30 °C

Na figura 1 observa-se boa distribuição dos alvéolos produzidos durante o processo fermentativo. Os pães fermentados à temperatura de 30 °C apresentaram conformação circular

para a distribuição alveolar, onde, segundo Demirkesen *et al.*, (2013) este comportamento fornece um equilíbrio entre as características físicas, como volume específico e densidade e as propriedades de textura instrumental e sensorial, caracterizando pães de boa qualidade

A figura 2 apresenta a estrutura do miolo de pão tipo forma fermentado à temperatura de 40 °C.



Figura 2 – Estrutura do miolo de pão tipo forma fermentado à temperatura de 40 °C

Na figura 2 observou-se a formação de menor número de alvéolos, caracterizando miolo mais denso, sendo prejudicial à qualidade dos pães, apresenta a presença de alvéolos grandes, no formato de fendas, o que caracteriza um processo fermentativo mal conduzido, devido à temperatura elevada não houve desenvolvimento pleno da fermentação, ocasionando modificações na estrutura do miolo dos pães. De acordo com Gondek *et al.*, (2013), a qualidade do pão é reflexo de suas características estruturais do miolo e de textura, no qual a porosidade deste é de fundamental importância.

Zambelli (2014) relacionou análises de imagem de pães tipo forma incorporados com tomate em pó e polidextrose com a textura instrumental e sensorial, observou que o aumento da densidade do miolo do pão na análise de imagem foi acompanhado do aumento da gomosidade, dureza e coesividade dos pães, sensorialmente, apresentou redução nos valores hedônicos.

4. CONCLUSÃO

Verificou-se que temperaturas de fermentação acima de 35 °C proporcionou a redução do número dos alvéolos, bem como o aumento da sua área e perímetro médio, apresentando redução na sua circularidade, caracterizando pães de menor qualidade.

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K. Influence of different enzymes during the frozen storage of pre-baked French bread elaborated with whole-wheat flour. *J. Food. Proc. Pres.*, v. 67, n. 2, p. 38-45, 2012.
- BIRCH, A. N.; PETERSEN, M. A.; ARNEBORG, A.; HANSEN, A. G. Influence of commercial baker's yeasts on bread aroma profiles. *Food Res. Int.*, v. 52, p. 160-166, 2013.
- CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da Panificação**. Barueri, São Paulo: Ed. Manole, 2009. 418 p.
- GOMES, M.; OLIETE, B.; PANDO, V.; RONDA, F.; CABALLERO, P. A. Effect of fermentation conditions on bread staling kinetics. *Eur. Food. Res. Intern.*, v. 226, p. 1379-1387, 2008.
- GONDEK, E.; JAKUBCZYK, E.; HEREMANS, E.; VERLINDEN, B.; HERTOOG, M.; VANDENDRIESSCHE, T. Acoustic, mechanical and microstructural properties of extruded crisp bread. *J. Cer. Sci.*, v. 58, p. 132-139, 2013.
- GONZALES-BARRÓN, U.; BUTLER, F. A comparison of seven thresholding techniques with the k-means clustering algorithm for measurement of bread-crumbs features by digital image analysis. *J. Food. Eng.*, v. 74, n. 2, p. 268-278, 2006.
- IVORRA, E.; AMAT, S. V.; SÁNCHEZ, A. J.; BARAT, J. M.; GRAU, R. Continuous monitoring of bread dough fermentation using a 3D vision structured light technique. *J. Food. Eng.*, v. 130, p. 8-13, 2014.
- LASSOUED, N.; BABIN, P.; DELLA VALLE, G.; DEVAUX, M. F. REGUERRE, A. L. Granulometry of bread crumb grain: contributions of 2D and 3D image analysis at different scale. *Food Res. Int.*, v. 40, p. 1087-1097, 2007.
- MATOS, M. E.; ROSELL, C. M. Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads. *Eur. Food. Res. Technol.*, v. 235, n. 1, p. 107-117, 2012.
- PURHAGEN, J. K.; SJÖ, M. E.; ELIASSON, A. C. The use of normal and heat-treated barley flour and waxy barley starch as anti-staling agents in laboratory and industrial baking processes. *J. Food. Eng.*, v. 104, p. 414-421, 2011.
- ROSALES-JUÁREZ, M.; GONZÁLEZ-MENDONZA, B.; LÓPEZ-GUEL, E.; LOZANO-BAUTISTA, F.; CHANONA-PÉREZ, J.; GUTIÉRREZ-LOPES, G.; FARRERA-REBOLLO, R.; CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G. Changes on dough rheological characteristics and bread quality as a result of the addition of germinated and non-germinated soybean flour. *Food Biop. Technol.*, v. 1, n. 2, p. 2008.
- ROSELL, C. M.; GÓMEZ, M. Freezing in breadmaking performance: frozen dough and part-baked bread. *Food Rev. Int.*, v. 23, n. 2, p. 303-139, 2007.

SHI, K.; YU, H.; JIN, J.; LEE, T. Improvement to baking quality of frozen bread dough by novel zein-based ice nucleations film. *J. Cer. Sci.*, v. 57, n. 3, p. 430-436, 2013.

ZAMBELLI, R. A. *Desenvolvimento de massas congeladas de pães tipo forma contendo ingredientes funcionais*. 205 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.