

ANÁLISES TEXTUROMÉTRICAS E MICROESTRUTURAIS DE PÃES FRANCESES CONTENDO FARINHA DE BATATA-DOCE¹

ROBERTO ANTÔNIO SAVELLI², TASSIANA SOUSA PADUA³, JERZY HENRYK DOBRZYCKI⁴ e JOSÉ CAL-VIDAL⁵

RESUMO - Pães do tipo francês tiveram o seu teor de farinha de trigo parcialmente substituído por diferentes níveis de farinha de batata-doce (0, 5, 10, 15 e 20%). Após ter sido processado segundo os métodos tradicionais de fabricação, sua textura e estrutura foram avaliadas através da microscopia ótica. Os resultados mostram o grau de deformação e elasticidade e a quebra de continuidade na microestrutura dos pães à medida que se aumenta o nível de substituição.

Termos para indexação: substituição de trigo, deformação, elasticidade.

TEXTURAL AND MICROSTRUCTURAL ANALYSES OF FRENCH BREAD CONTAINING SWEET POTATO FLOUR

ABSTRACT - French bread had its wheat flour content partially substituted by several levels of sweet potato flour (0, 5, 10, 15 and 20%). After being processed following traditional methods of bread manufacture, its deformation degree, elasticity and structure were evaluated through texturometry optical microscopy. The results show the degree of deformation and elasticity in the microstructure of the bread depending on the flour substitution level.

Index terms: wheat substitution, deformation, elasticity, French type bread.

INTRODUÇÃO

A substituição parcial de trigo por farinha dos mais diversos tubérculos não constitui grande novidade na literatura (Sammy, 1970; Crabtree et al., 1978; Ciacco & D'Appolonia, 1978).

A batata-doce já representa uma importante cultura em muitas áreas tropicais e subtropicais em todo o mundo, sendo seu consumo mais elevado na zona rural (Collins & Abdul Aziz, 1982).

Griswold (1962) enfatizou as avaliações subjetivas ou sensoriais, na maioria dos experimentos com alimentos, para responder a

perguntas sobre o gosto, o aroma, a aparência ou a sensação. No entanto, a avaliação sensorial carece de precisão ou reprodutibilidade, porque está baseada no julgamento humano, nem sempre consistente (Funk et al., 1969). Medidas mais objetivas de características de qualidade oferecem maior precisão do que a análise sensorial por equipamento padronizado e técnicas controladas.

Existem inúmeros métodos para determinar características físicas em produtos de panificação. Alguns destes métodos utilizam instrumentação de extrema simplicidade. A estrutura celular ou textura de produtos de panificação tem sido motivo de diversos estudos. Para medir a compressibilidade, diversos pesquisadores utilizam o penetrômetro, Paul et al. (1954), utilizando o Precision Universal Penetrometer, que dispunha de um disco plano, determinaram a compressibilidade de pães medindo a distância em que o miolo se apresentou achatado em virtude de peso aplicado sobre certo período. O grau de compressibilidade pode ser correlacionado com a textura e o tamanho das células do pão. Quanto

¹ Aceito para publicação em 16 de janeiro de 1995.

² No Curso de Agronomia, ESAL - Lavras, MG.

³ No Curso de Agronomia, ESAL - Lavras, MG.

⁴ Dr., Engen. de Alimentos e Prof. Visitante, ESAL - Lavras, MG.

⁵ Dr., Engen. de Alimentos e Prof. Titular, ESAL - Lavras, MG.

maior for o tamanho destas, mais compressível será o pão. Além disto, uma boa correlação também foi encontrada para os índices de compressibilidade e volume dos pães (Funk et al., 1965). Em geral, o aumento de volume favorece o grau de compressibilidade. O tamanho e a regularidade dos espaços celulares afetam diretamente a textura do pão, e, mais particularmente, seu volume e índices de compressibilidade e extensibilidade (Hibberd & Parker, 1985).

As análises de textura podem também ser correlacionadas com as análises microestruturais do tipo que ilustra a distribuição da massa do produto, ou "network" (Stanley & Tung, 1979). Estas análises oferecem a possibilidade de revelar detalhes microestruturais em sistemas alimentares. Nestas análises, podem ser seguidas diversas técnicas que permitem observar espécies no microscópio ótico com maior ou menor clareza.

Este trabalho objetiva determinar o efeito de níveis crescentes de substituição de farinha de trigo por farinha de batata-doce nas características texturométricas e microestruturais de pães.

MATERIAL E MÉTODOS

Preparação da farinha de batata-doce

Para esta preparação foram adquiridos tubérculos no mercado local. As batatas em bom estado e sem defeitos foram selecionadas, lavadas, descascadas e cortadas em fatias. Para evitar o escurecimento, essas fatias foram submersas em solução de ácido cítrico a 0,5%. Em seguida, foram raladas com o uso de um ralador elétrico, e o material resultante foi disposto em bandejas para secagem em estufa ventilada a 60 °C, durante 24 horas. A farinha de batata-doce foi, a seguir, obtida mediante a moagem do material desidratado, em moinho do tipo usado para café, e as partículas de menor tamanho foram selecionadas num peneirador automático da Produtest (\varnothing 0,149 mm).

Fabricação do pão

Para a fabricação do pão foi utilizada a seção de panificação de um supermercado da cidade (Lavras, MG). Adotaram-se a formulação e os procedimentos comumente empregados na prática industrial.

A farinha de trigo foi substituída parcialmente por farinha de batata-doce, nos seguintes níveis: 5, 10, 15 e 20%, e a formulação e as condições de processo foram:

Para cada 6 kg de farinha foram usados:

- 200 g de margarina
- 100 g de sal
- 50 g de aveia
- 100 g de açúcar
- 150 g de fermento.

O tempo de repouso da massa foi de 60 minutos, e após este período o pão foi conduzido a um forno a 200 °C, e lá mantido por 30 minutos.

Análises físicas e texturométricas

O volume específico do pão foi determinado pelo "seed displacement method", proposto por Funk et al. (1969). Este consiste basicamente na medida da diferença do volume deslocado pelo pão em dado universo de sementes.

A firmeza do pão foi determinada a partir de seu **grau de deformação ou compressibilidade**, de acordo com Hibberd & Parker (1985). Usou-se o "Universal Penetrometer" Mod. LP3, de fabricação soviética, que dispunha de um terminal de penetração com 25 mm de diâmetro e 250 g de peso. O grau de deformação ou taxa de compressibilidade foi estabelecido após verificada a penetração do terminal, num tempo de dois minutos. Após a leitura em escala apropriada, retirava-se o peso da amostra; e após transcorridos 90 segundos, efetuava-se o uma nova leitura, para estabelecer a **deformação plástica**. Esta deformação foi obtida a partir do instante em que o terminal atingia uma posição sobre o pão muito próxima da original. Também foi determinada a **deformação elástica**, que consiste na diferença entre a deformação total e a deformação plástica. Finalmente, foi considerada a **elasticidade relativa**, a qual foi expressa em função da deformação total, em percentagem.

Todas as determinações foram feitas no primeiro e no terceiro dia após a fabricação do pão; o volume específico foi determinado no sexto dia.

Para cada nível de substituição de farinha, foram usados três pães. Estes foram cortados em fatias de 25 mm de espessura. Cada medição foi realizada em seis fatias de cada pão.

Análises microestruturais

Para cada nível de substituição de farinha foram retirados três pães como amostras, dos quais foram feitos cubos com 10 mm de lado. Para evitar sua desagregação, foram os pães envolvidos em gase. A seguir, as amostras foram fixadas em álcool 70%, durante sete dias. Posteriormente, o material foi submetido a uma série de soluções de álcool com concentração crescente variando de 70 a 100%, para ser desidratado. Além disto, ele recebeu

tratamentos com xilol e os parafina, para emblocamento, segundo as técnicas e os procedimentos descritos por Grimstone & Skaer (1972). Os blocos obtidos foram seccionados com um micrótomo manual Reichert, que permitiu a obtenção de seções de 10 μ m de espessura.

Na preparação das lâminas, usou-se o adesivo de "Haupt's" para a cobertura de sua superfície, a qual foi exposta em estufa a 60 °C, por 24h. A seguir, cada lâmina recebeu três seções, que foram selecionadas a partir de cada um dos níveis de substituição. Foi utilizado como corante o cloreto de zinco iodado, segundo técnica recomendada por Grimstone & Skaer (1972). Para obtenção dos desenhos, foi utilizado o microscópio Olympus CBB com câmara clara, e para obtenção das fotomicrografias, foi utilizado o microscópio Karl-Zeiss-Jena com sistema para fotomicrografia eletrônico BA 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observações genéricas

Por ocasião dos experimentos, foi observado o escurecimento gradual das amostras de pão na medida em que se aumentava a percentagem de incorporação da farinha de batata-doce. O escurecimento observado dava-se principalmente na parte interna do produto.

Além disto, com o aumento da substituição, foi notada a separação do miolo em relação à casca do pão, tendo-se a impressão de um adensamento da massa que apresentava a máxima intensidade no nível com 20% de substituição. Finalmente a casca do pão e sua parte interna apresentavam um aspecto quebradiço, que também se acentuava com o maior teor de farinha de batata-doce.

Mudanças no volume específico

Conforme se mostra na Fig. 1, o volume específico dos pães tende a diminuir com o nível de substituição já após o primeiro dia de fabricação. Após os seis primeiros dias, o pão sem substituição já apresenta uma significativa redução de volume, que tende a cair com o aumento do teor de batata-doce. De acordo com Eggleston et al. (1992), o volume do pão depende da presença e concentração de certos componentes que exercem importante papel na regularidade do miolo e na uniformidade de distribuição de células de gás. O uso de gomas pode impedir o colapso estrutural pela redução da

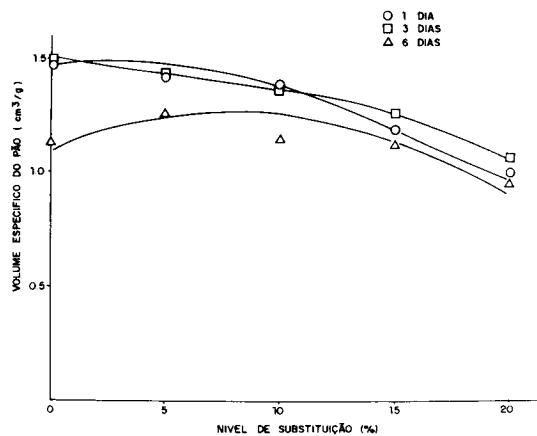


FIG. 1. Variação do volume específico dos pães com nível de substituição medido em diversos dias de armazenamento.

perda de gás ocluído (Christianson et al., 1974; Norton et al. 1984).

Mudanças texturométricas

A Fig. 2 apresenta as principais mudanças texturométricas observadas nos pães contendo farinha de batata-doce. Os resultados correspondem ao primeiro e terceiro dia após a fabricação.

A análise dos dados de compressibilidade e extensibilidade (A) indicam tendência de queda destes parâmetros, à medida que se aumenta a substituição. No caso da extensibilidade, observa-se um aumento dela a 10% de substituição após o primeiro dia, e a 5% após o terceiro dia. Estas alterações podem estar relacionadas com mudanças microestruturais, como se demonstra mais adiante. Quanto ao grau de elasticidade (B), também ele diminui ao longo dos níveis de substituição.

Mudanças texturométricas em pães podem estar associadas com uma possível redistribuição microscópica de umidade, causada por modificações físico-químicas de componentes básicos do miolo do pão. A migração da água do centro para a periferia do pão tem um efeito considerável nos parâmetros texturométricos do produto (Rasper, 1979). A magnitude da redistribuição da umidade depende essencialmente do seu gradiente durante as diversas etapas de processamento.

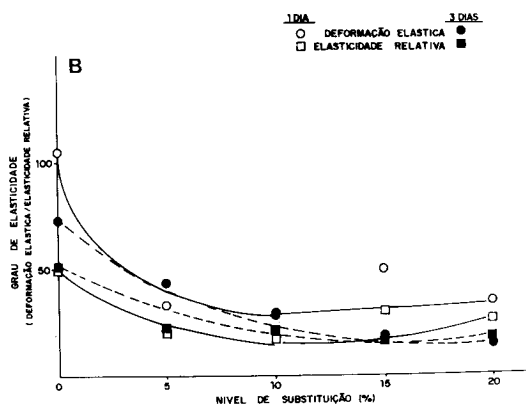
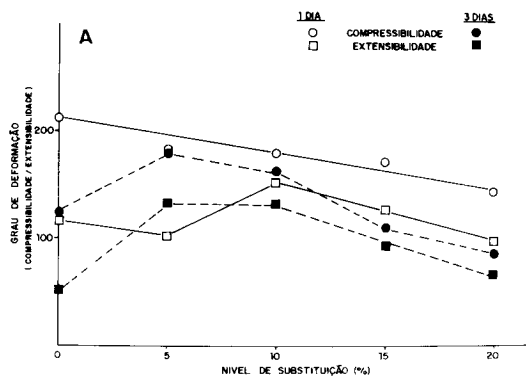


FIG. 2. Variação do grau de deformação (A) e do grau de elasticidade (B) com o nível de substituição no primeiro e terceiro dia de armazenamento.

A queda dos parâmetros texturométricos com o aumento do nível de substituição tem sido verificada por outros autores (Collins & Abdul Aziz, 1982) e pode estar relacionada com a manutenção do nível constante da quantidade de água empregada na formulação de pães. A redução da consistência também pode ser explicada pela quebra da continuidade que se observa na microestrutura do produto, à medida que se processa a substituição da farinha de trigo pela de batata.

Aspectos microestruturais

Na Fig. 3, mostra-se a estrutura típica de pão que não contém farinha de batata-doce. Neste caso, a

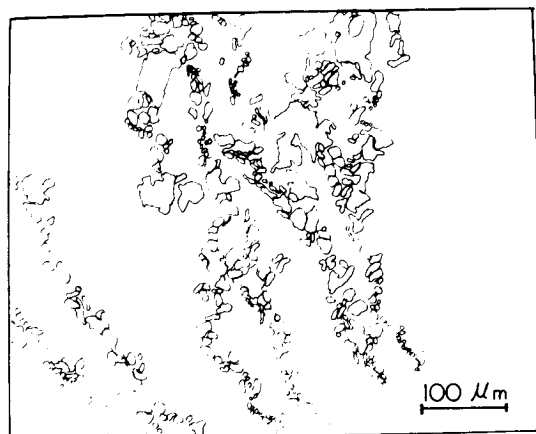


FIG. 3. Microestrutura de pão francês sem a adição de farinha de batata-doce.

estrutura apresenta certo grau de ordenação, no que diz respeito à formação de espaços vazios e de camadas.

A Fig. 4 apresenta amostras com quatro níveis de substituição: 5% (A); 10% (B); 15% (C) e 20% (D). A amostra com 5% de substituição ainda mostra certa ordenação ou grau de estrutura, apresentando, por isso, valores mais altos nos testes de compressibilidade. Algo semelhante acontece com a amostra de 10%. Já os pães com 15% e 20% de substituição apresentaram baixo grau de ordenação, com sua estrutura mostrando muita descontinuidade e grande número de espaços vazios, o que favoreceu os baixos graus de elasticidade encontrados e a perda de volume.

A microestrutura que se observa é consequência do grau de gelatinização dos grânulos de amido, cujas moléculas se reassociam em segmentos cristalinos (retrogradação), dependendo de diversos fatores, como: linearidade da molécula, temperatura de resfriamento e concentração/natureza do amido (Sterling, 1978). Outros aspectos microestruturais envolvendo a gelatinização do amido em pães têm sido reportados (Aguilera & Stanley, 1990).

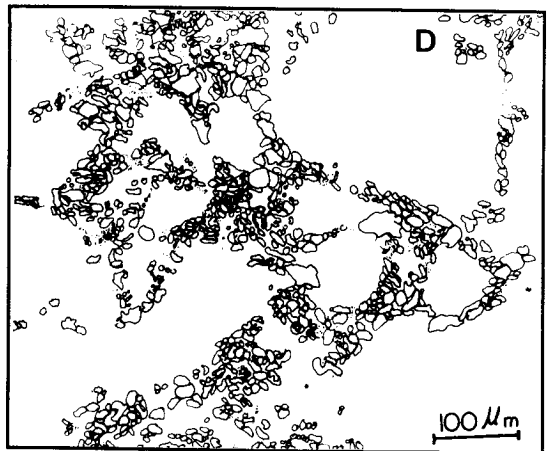
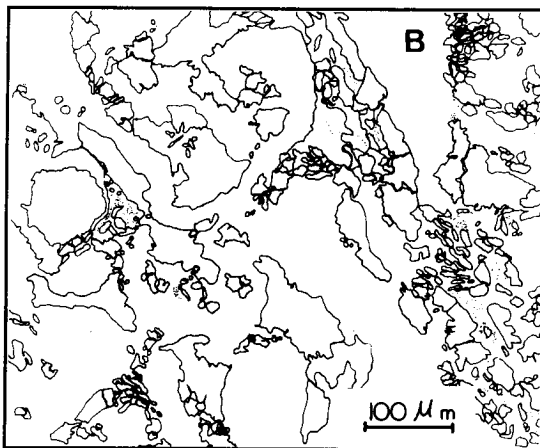
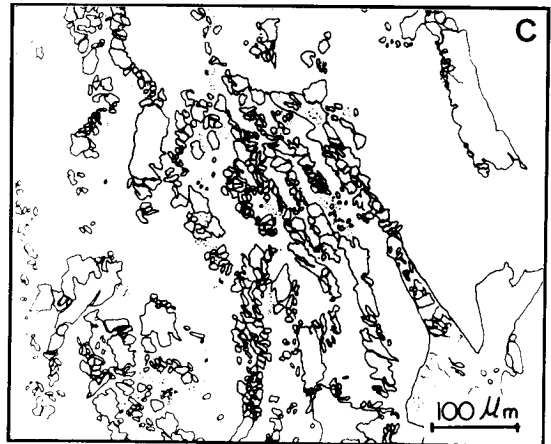
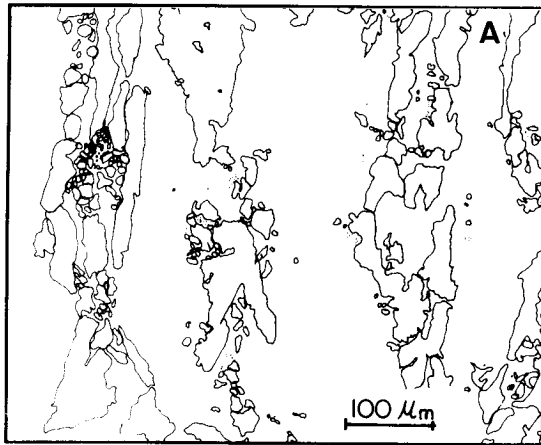


FIG. 4a. Estrutura do pão com a adição de farinha de batata-doce nos níveis de 5% (A) e 10% (B).

FIG. 4b. Estrutura do pão com a adição de farinha de batata-doce nos níveis de 15% (C) e 20% (D).

CONCLUSÕES

1. A incorporação de farinha de batata-doce em pães provoca algumas mudanças na cor das amostras, com escurecimento gradual à medida que se eleva o grau de substituição.

2. Verifica-se separação do miolo do pão com relação à casca, dando a impressão de um adensamento da massa que se tornou máxima com 20% de substituição.

3. A casca do pão e sua parte interna apresentam aspecto quebradiço, que se acentua com o maior teor de farinha de batata-doce.

4. O volume específico dos pães diminui com o nível de substituição, bem como com a compressibilidade e a extensibilidade. Estas alterações podem estar relacionadas com mudanças microestruturais, as quais mostraram vários graus de ordenação, dependendo do grau de substituição.

REFERÊNCIAS

- AGUILERA, J. M.; STANLEY, D. W. *Microstructural principles of food processing & engineering*. Londres: Elsevier, Applied Science, 1990. 343p.
- CHRISTIANSON, D. D.; GARDNER, H. W.; WARNER, K.; BOUNDY, B. K.; INGLETT, G. E. Xanthan gum

- in protein-fortified starch bread. **Food Chemistry**, v. 28, p.23-29, 1974.
- CIACCO, C. F.; D'APPOLONIA, B. L. Baking studies with cassava and yam flour. I. Biochemical composition of cassava and yam flour. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 3, p. 402-411, 1978.
- COLLINS, J. L.; ABDUL AZIZ, N. A. Sweet potato as an ingredient of yeast-raised doughnuts. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 4, p. 1113-1139, 1982.
- CRABTREE, J.; KRAMER, E. C.; BALTRY, J. The incorporation of fresh cassava into bread. **Journal of Food Technology**, v. 13, p.149-153, 1978.
- EGGLESTON, G; OMOAKA, P. E.; IHEDIOHA, D. O. Development and evaluation of products from cassava flour as new alternatives to wheaten breads. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 59, p. 377-385, 1992.
- FUNK, K.; ZABIK, M. E.; DOWNS, D. M. Comparison of shear-press measurements and sensory evaluations of angel cakes. **Journal of Food Science**, v. 30, p. 729-736, 1965.
- FUNK, K.; ZABIK, M. E.; ELGIDAILY, D. A. Objective measurements for baked products. **Journal of Home Economics**. v. 61, n. 2, p. 119-123, 1969.
- GRIMSTONE, A. V.; SKAER, R. J. **A guidebook to microscopical methods**. Cambridge: Cambridge University Press, 1972. 134p.
- GRISWOLD, R.M. **The experimental study of foods**. Boston: Houghton Mifflin Company, 1962. p. 502-550.
- HIBBERD, G. E.; PARKER, N. S. Measurements of the compression properties of bread crumb. **Journal of Texture Studies**, v. 16, p. 97-110, 1985.
- NORTON, E. T.; GOODALL, D. M.; FRANGOU, S. A.; MORRIS, E. R.; REES, D. A. Mechanism and dynamics of conformational ordering in xanthan poly saccharide. **Journal of Molecular Biology**, v. 175, p.371-394, 1984.
- PAUL, P.; BATCHER, O. M.; FULDE, L. Dry mix frozen baked products: I. Dry mix and frozen cakes. **Journal of Home Economics**, v. 46, p. 249-253, 1954.
- RASPER, V. F. Texture of dough, pasta and baked products. In: MAN, J. M. de; VOISEY, P. W.; RASPER, V. F.; STANLEY, D. W. (Eds.). **Rheology and texture in food quality**. Westport, Connecticut: The AVI Publishing Company, 1979. p. 308-354.
- SAMMY, G. M. Studies in composite flour. I. The use of sweet potato flour in bread and pastry making. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 47, n. 2, p. 115, 1970.
- STANLEY, D. W.; TUNG, M. A. Microstructure of food and its relation to texture. In. MAN, J. M. de; VOISEY, P. W.; RASPER, V. F.; STANLEY, D. W. (Eds). **Rheology and texture in food quality**. Westport, Connecticut: The AVI Publishing Company, 1979. p. 28-78.
- STERLING, C. Textural qualities and molecular structure of starch products. **Journal of Texture Studies**, v. 9, p. 225-255, 1978.