

ESTUDO SOBRE OS EFEITOS DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AÇÚCAR POR SUCRALOSE E GOMA XANTANA NAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DAS MASSAS DE BOLOS TIPO ESPONJA

A. V. de O. BARBOSA¹ e C. E. M. da SILVA¹

¹ Universidade Federal do Ceará, Departamento de Tecnologia de Alimentos
E-mail para contato: albavaleriaob@yahoo.com.br

RESUMO – A qualidade dos bolos relaciona-se com a estrutura aerada, conseguida pela incorporação de ar na massa durante a mistura contribuindo para sua expansão no decorrer do assamento. O açúcar atua como agente de volume elevando a viscosidade da massa, aumentando a incorporação e retenção do ar, contribuindo para o aumento do volume final, portanto sua redução pode afetar negativamente o fluxo reológico das massas. Objetivou-se avaliar o efeito da substituição crescente do açúcar por sucralose e goma xantana nas propriedades reológicas das massas de bolo tipo esponja, comparando os resultados a uma amostra padrão. O aumento no valor do índice de consistência (7,08-9,87 Pa sⁿ), refletiu na densidade específica (0,86-0,89g/cm⁻³), indicando boa incorporação de ar, porém os volumes específicos foram menores (1,51-1,05cm³/g⁻¹), em relação a amostra controle (1,81cm³/g). Uma diminuição mais acentuada da viscosidade durante a mistura, foi relatada como a incapacidade de reter as células de ar durante o assamento, provocando a redução do volume.

1. INTRODUÇÃO

Entre os produtos de panificação, o bolo vem adquirindo crescente importância no que se refere ao consumo e comercialização, apesar de não constituir alimento básico como o pão, o bolo é aceito e consumido por pessoas de qualquer idade (Borges *et al.*, 2006).

Embora seja um alimento muito apreciado por consumidores em todo o mundo, por apresentar em sua composição altos níveis de açúcar, o mesmo é considerado um alimento muito calórico, estudos revelaram que a ingestão de alimentos ricos em calorias está ligada ao aumento do número de ocorrências de doenças crônicas como a obesidade e o diabetes (Lee e Lin, 2005). Há uma preocupação crescente por parte da população, principalmente entre obesos e diabéticos, em consumir alimentos de baixo teor energético (Cavalcante, 2012).

Estudos sobre a redução do açúcar datam desde a década de 80, onde se tem demonstrado que a redução substancial do açúcar pode ser feita em formulações tradicionais usando uma combinação de um adoçante de alta intensidade e um espessante de baixa caloria (Bennion e Bamford, 1997), pois nenhum agente espessante possui todas as propriedades únicas conferidas ao açúcar, por isso que a

combinação de agentes de volume deve ser usado como alternativa para a melhoria das características estruturais dos bolos (Baeva *et al.*, 2000).

Os adoçantes artificiais desempenham o papel de fornecimento de doçura. Já os agentes espessantes, são utilizados como agentes de volume que contribuem para o aumento da viscosidade da massa e conseqüentemente a melhoria da estabilidade e volume dos bolos (Indrani *et al.*, 2012).

No entanto, a redução de níveis de açúcar em formulações de bolo afeta suas propriedades estruturais e sensoriais; o açúcar influencia não apenas no fornecimento de doçura e energia, mas também no controle da formação estrutural dos bolos interferindo diretamente nas propriedades reológicas da massa (Frye e Setser, 1991).

As massas de bolo são uma emulsão complexa óleo em água com uma fase aquosa contínua contendo ingredientes secos dissolvidos ou suspensos. O açúcar atua como agente de volume, mantendo estável a emulsão pois aumenta a viscosidade da massa possibilitando maior retenção das células de ar incorporadas durante a mistura dos ingredientes contribuindo para a estabilidade e um maior volume desejado nos bolos (Schimer *et al.*, 2012). Quando essa viscosidade é muito baixa, a massa não consegue reter as células de ar incorporadas, resultando em bolos de baixo volume (Ronda *et al.*, 2011).

Portanto, compreender o efeito da substituição do açúcar por combinações de adoçantes artificiais e agentes espessantes sobre as características reológicas das massas de bolo é essencial para o desenvolvimento de formulações com reduzido teor de açúcar sem acarretar prejuízos a sua estrutura, já que essas exercem efeitos durante o processamento e sobre as características finais do bolo (Ronda *et al.*, 2011).

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da substituição crescente do açúcar por sucralose e goma xantana sobre as propriedades reológicas das massas de bolo tipo esponja, comparando os resultados a uma amostra controle.

MATERIAL E MÉTODOS

1.1. Material

Para o preparo do bolo controle, usado como base comparativa dos resultados obtidos dos bolos com reduzido teor de açúcar, fez-se uso de ingredientes convencionais adquiridos no comércio local (Fortaleza, CE, Brasil): Farinha de trigo Tipo 1 sem fermento, açúcar cristal, margarina sem sal, ovos tamanho médio de cor branca, leite em pó integral, fermento químico em pó e água mineral.

No preparo dos bolos com reduzido teor de açúcar, além dos ingredientes convencionais utilizou-se também o adoçante (sucralose), cedido gentilmente pela TATE & LYLE (São Paulo-SP, Brasil) e o agente de volume (goma xantana) fornecido pela Gastronomy lab (Brasília-DF, Brasil).

1.2. Métodos

Preparo dos bolos: Para o preparo dos bolos com teor calórico reduzido, utilizou-se uma formulação controle otimizada por Cavalcante (2012), apresentada na Tabela 1. Foram elaboradas 7 (sete) formulações, mantendo fixas as proporções dos ingredientes, farinha de trigo, leite em pó, fermento químico e margarina, variando apenas a quantidade de açúcar no qual foi substituído em reduções crescentes por uma solução conjunta de sucralose a 1%, e goma xantana a 1,5%. A codificação das formulações baseou-se no nível de substituição do açúcar pela solução de sucralose e goma xantana de acordo com o exposto na Tabela 2, sendo F0, a formulação controle contendo apenas o açúcar na formulação.

Tabela 1- Formulação otimizada

Ingredientes	Quantidade (g)
Farinha	100
Açúcar	155,88
Margarina	28,78
Leite em pó	6,79
Ovos	46,96
Fermento químico	1,00
Água	59,59

Tabela 2- Formulações de bolos preparadas com substituição do açúcar pela solução conjunta de adoçante e goma xantana

Codificação das formulações	Nível de substituição do açúcar pela solução adoçante e goma (%)	Proporção de açúcar (g)	Proporção de solução de adoçante e goma (g)
Controle (F0)	0,00	155,88	0,00
F10	10,00	140,28	31,17
F19	19,00	126,27	59,23
F27	27,10	113,64	84,49
F34	34,39	102,28	107,21
F40	40,95	92,05	127,66
F46	46,86	82,83	146,09
F52	52,17	74,56	162,64

Definida as formulações, procedeu-se o preparo dos bolos, utilizando o método rápido de preparo que consiste em adicionar e bater os ingredientes em uma só etapa sem acarretar prejuízos a estrutura do bolo, depois de misturados, os ingredientes foram batidos em batedeira comum (marca, Mallory) com 3 velocidades por 1 (um) minuto na velocidade 1, para permitir a incorporação de ar necessária para o desenvolvimento dos bolos.

Depois de batidos os ingredientes, a massa obtida foi vertida em forma tipo W e levada para assar em forno elétrico previamente aquecido por 30 minutos a 180°C, a massa foi assada também a 180°C por aproximadamente 40 minutos e resfriadas a temperatura ambiente, e posteriormente armazenados em recipientes plásticos sob refrigeração. Antes de serem levadas para o assamento, amostras das massas foram coletadas, inclusive da controle para análise reológica e densidade específica. Depois de assados, efetuou-se a medição do volume específico da fatia dos bolos, segundo metodologia descrita abaixo:

Medidas das propriedades reológicas das massas dos bolos: Para tanto, seguiu-se a metodologia aplicada por Psimouli e Oreopoulou (2012). As análises foram feitas em um reômetro (modelo AR 550, TA instruments), onde aproximadamente 18 g de massa foram submetidas a uma taxa de cisalhamento de 0,2 a 1 s⁻¹, com controle de temperatura (25°C) por placa peltier. A viscosidade aparente foi medida em função da taxa de cisalhamento e os dados foram ajustados ao Modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da potência), $\mu = K \times \gamma^n$, onde μ é a viscosidade aparente (Pa s), K é o coeficiente de consistência (Pa sⁿ) e γ é a taxa de cisalhamento (s⁻¹) e n é o índice de fluxo. Para o ajuste dos dados utilizou-se o software TA Advantage Data Analysis, versão 5.0.38, do próprio equipamento. Análise feita em triplicata.

Característica física referente à Densidade específica das massas dos bolos: Foi medida gravimetricamente, pela razão entre um recipiente padrão contendo 100 mL da massa e o peso do mesmo recipiente padrão contendo 100 mL de água segundo metodologia adotada por Lin e Lee (2005). Análise em triplicata.

Característica física alusivo ao volume específico do bolo: Depois de assado os bolos, efetuou-se o quarteamento para melhor representatividade da amostra, efetuando em seguida a medição do volume específico da fatia dos bolos segundo metodologia descrita pela AACCC (2000), por deslocamento da semente de painço. Análise feita em triplicata.

Tratamento estatístico: Os resultados obtidos com as análises da massa antes e depois do assamento foram submetidas à análise estatística, para tanto, usou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), onde foram feitas análises de variância (ANOVA) e cálculo do desvio das médias com posterior comparação das diferenças entre as médias pelo teste de Tukey a um nível de significância de 95 % (p<0,05), utilizando o software Statistica versão 8.

3.0-RESULTADO E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o reograma com as curvas da viscosidade aparente em função da taxa de cisalhamento das amostras de massa do bolo com reduzido teor calórico, incluindo a amostra controle (F0), para fins comparativos. Observa-se que, todas as amostras incluindo a controle apresentaram um fluxo pseudoplástico, ou seja, a viscosidade aparente diminuiu com o aumento da taxa de cisalhamento. Os valores obtidos com o índice de fluxo que variaram de 0,49 a 0,27, (Tabela 3) confirmam esse resultado, visto que para $n < 1$ o fluxo é pseudoplástico e, $n > 1$, é dilatante (Toneli *et al.*, 2004).

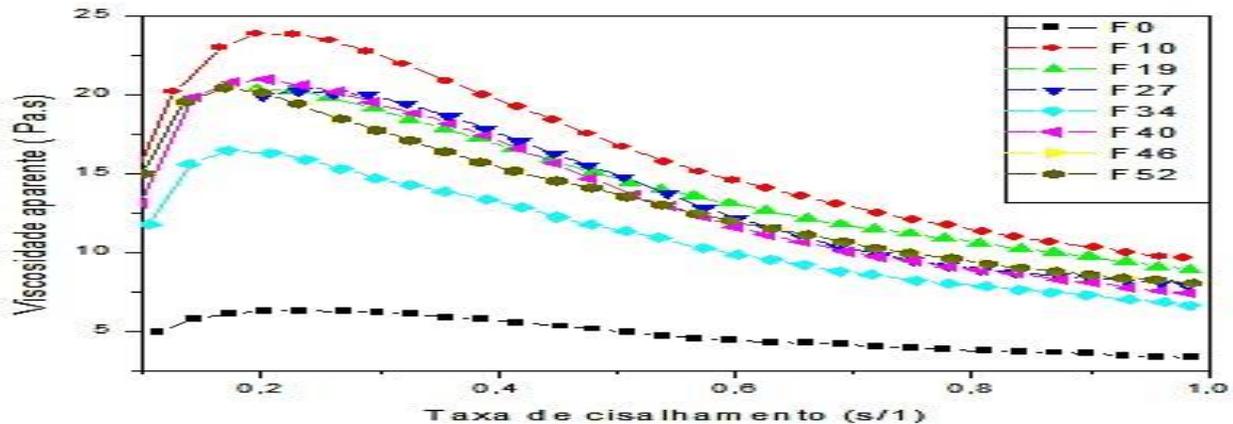


Figura 1 -Reograma apresentando as curvas de viscosidade aparente em função da taxa de cisalhamento das massas de bolo com substituição parcial do açúcar por uma solução de sucralose e goma xantana.

Os valores das medidas reológicas de coeficiente de consistência ($P \text{ as}^n$) segundo modelo da Lei da potência são apresentados na Tabela 3. As amostras de bolo com substituição parcial do açúcar pela solução de sucralose e goma xantana não diferiram significativamente entre si, exceto a formulação F34 em relação à F52. Todas as formulações apresentaram valores entre 7,08-9,87 Pa s^n , superiores a controle (3,15 Pa s^n).

Segundo Shiroma (2012), o coeficiente de consistência K, indica o grau de resistência da amostra ao escoamento ou fluxo, ou seja, quanto maior o valor de K maior a sua resistência ao escoamento e, portanto, maior a sua viscosidade aparente.

A viscosidade é uma importante propriedade física, uma vez que está intimamente relacionada com a qualidade do produto final. Ela também é um dos fatores que controlam o seu volume no final do processo de assamento (Lee *et al.*, 2004). Os trabalhos de Lee *et al.*, 2004, Martínez-Cervera *et al.*, 2012 e Psimouli e Oreopoulou, 2012 mostraram que quando a viscosidade é elevada, essa proporciona o aumento da incorporação e retenção das células de ar a massa durante a mistura dos ingredientes, contribuindo para um maior volume e estabilidade dos bolos, indicada por uma menor densidade específica da massa.

A densidade específica fornece uma indicação do total de ar incorporado e retido na massa durante a mistura. Valores baixos indicam uma boa incorporação de ar, obtendo-se um volume final elevado depois do assamento (Martínez-Cervera *et al.*, 2012).

Os valores obtidos com a densidade específica para as amostras da massa dos bolos com substituição parcial do açúcar pela solução de sucralose e goma xantana expostos na Tabela 3, variaram entre 0,86-0,89 g/cm^3 , não diferindo significativamente entre si e a amostra controle (0,86 g/cm^3). Tais valores são um indicativo de que houve uma boa incorporação de ar a massa.

No entanto, os resultados obtidos para o volume específico dessas amostras de bolo com substituição parcial do açúcar pela solução de sucralose e goma xantana, que variaram entre 1,90-1,06 cm³/g⁻¹ (Tabela 3) foram inferiores a controle (1,81cm³/g⁻¹) excetuando as formulações F10 e F19 que não diferiram significativamente entre si e a controle. Segundo Psimouli e Oreopoulou (2011), o volume específico pode ser utilizado como um indicador do desenvolvimento de volume dos bolos.

O comportamento viscoso apresentado pelas amostras de massa dos bolos com substituição parcial do açúcar pela solução de sucralose e goma xantana permitiu uma boa incorporação de ar a massa, contudo os baixos valores de volume específico apresentados, sugerem deficiência na expansão da massa durante o assamento.

Resultado semelhante foi encontrado por Lin e Lee (2005), em seus estudos sobre os efeitos da substituição parcial do açúcar por sucralose e dextrina em bolos. Onde a formulação com 80% de substituição do açúcar por sucralose e dextrina, apresentou a mesma capacidade de incorporação de ar a massa (0,49g/cm³) que a formulação controle (0,45g/cm³). No entanto o seu volume específico (1,36cm³/g⁻¹), também foi inferior ao obtido na controle (1,81 cm³/g⁻¹). Eles relataram ainda que os bolos obtidos a partir dessa formulação apresentaram baixa estabilidade e volume reduzido.

Tabela 3-Valores das medidas reológicas, coeficiente de consistência e índice de fluxo e características físicas referente a densidade específica da massa e volume específico do bolo

Formulações	Coeficiente de consistência (P as ⁿ)	Índice de fluxo (n)	Densidade Específica (g/cm ³)	Volume específico (cm ³ /g ⁻¹)
F0	3,15 ^c ± 0,32	0,49 ^a ± 0,00	0,86 ^a ± 0,00	1,81 ^a ± 0,01
F10	9,69 ^{ab} ± 0,29	0,35 ^b ± 0,05	0,86 ^a ± 0,03	1,90 ^a ± 0,09
F19	8,53 ^{ab} ± 1,02	0,36 ^b ± 0,04	0,88 ^a ± 0,01	1,80 ^a ± 0,03
F27	8,62 ^{ab} ± 0,97	0,27 ^{bc} ± 0,04	0,86 ^a ± 0,02	1,51 ^b ± 0,05
F34	7,08 ^b ± 0,30	0,29 ^b ± 0,06	0,87 ^a ± 0,01	1,19 ^c ± 0,03
F40	7,40 ^{ab} ± 0,28	0,25 ^c ± 0,05	0,87 ^a ± 0,00	1,17 ^c ± 0,01
F46	7,80 ^{ab} ± 0,57	0,32 ^b ± 0,02	0,87 ^a ± 0,00	1,16 ^c ± 0,02
F52	9,87 ^a ± 0,97	0,33 ^b ± 0,04	0,89 ^a ± 0,01	1,05 ^c ± 0,03

Os resultados são apresentados como valores médios ± desvio padrão. Valores seguidos por letras sobrescritas diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes (p <0,05) onde a > b > c

Isso pode ser justificado pelos baixos valores do índice de fluxo (n) das formulações de bolo com substituição parcial do açúcar exibidos na Tabela 3, que variaram entre 0,25-0,36 em relação a controle (0,49). Sugerindo que essas amostras, foram mais susceptíveis às deformações provocadas pelo aumento da taxa de cisalhamento.

Essa maior susceptibilidade à deformação ocasionou a redução demasiada da viscosidade aparente das massas dos bolos, que segundo Sarabjit e Alava (2003), possibilita a incorporação adequada de ar a massa. Contudo, isso não implica que a capacidade de retenção das células de ar não tenha sido afetada.

Sugerindo que, durante o assamento as formulações com substituição parcial do açúcar por sucralose e goma xantana apresentaram deficiência capacidade de retenção das células de ar. O que permitiu o escape dessas células de ar para a superfície do bolo restringindo assim expansão da massa, resultando em bolos de menor volume.

As formulações F10 e F19 obtiveram resultados reológicos e físicos semelhantes a controle. Isso significa que nesses níveis de substituição do açúcar não a prejuízos as propriedades reológicas da massa e do volume final dos bolos.

4.0-CONCLUSÃO

As características reológicas da massa são fatores de controle das características de qualidade do bolo, no que concerne o desenvolvimento do volume desejado. Com base nisso, conclui-se que a substituição crescente do açúcar pela solução de sucralose e goma xantana afetou negativamente as propriedades reológicas da massa e conseqüentemente a formação estrutural dos bolos. Mesmo apresentando em todas as formulações com substituição parcial do açúcar um comportamento viscoso superior a formulação controle, que possibilitou igual incorporação de ar a massa. Os baixos valores de índice de fluxo sugeriram deficiência na retenção das células de ar incorporadas que são responsáveis pela expansão da massa durante o assamento, resultando em bolos de menor volume.

5.0- REFERÊNCIAS

AACC International. *Approved methods of the AACC*. 10th ed. AACC The Association: St Paul, Minnesota, 2000.

BAEVA, M. R.; PANCHEV, I. N.; TERZIEVA, V. V. Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cakes. *Nahrung*, v. 44, p.22-26, 2000.

BENNION, E.B.; BAMFORD, G. S. T. *The Technology of Cake Making*. London: Blackie Academic e Professional, 1997.

BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; VIDIGAL, J. G.; Paula, D. C. de.; SILVA, N. A. S. de. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. *R. Brasileira Tecno.l Agroin.*, v. 24, p. 145-162, 2006.

- CAVALCANTE, R. S. *Avaliação das características estruturais de bolos com redução calórica*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- FRYE, A. M., SETSER, C.S. Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes. *Cereal Chem.*, v. 29, p. 338-343. 1991.
- INDRANI, D. Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. *Food Hyd.* v.29, n. 2, 2012.
- LEE, S.; INGLETT, G. E.; CARRIERE, C. Effect of Nutrim Oat Bran and Flaxseed on Rheological Properties of Cakes. *Cereal Chem.*, v. 81, p. 22-33. 2004.
- LIN, S-D.; LEE, C-C. Qualities of chiffon cake prepared with indigestible dextrin and sucralose as replacement for sucrose. *Cereal Chem.*, v. 82, p. 405-413, 2005.
- MARTÍNEZ-CERVERA, S.; SANZ, T.; FISZMAN, SM. Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose. *LWT - Food Sci and Technol.*, V. 45, n. 2, p. 213-220, 2012.
- PSIMOULI, V.; OREOPOULOU, V. The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties. *J. sci Food Agric.*, v. 92, p. 99-105, 2012.
- RONDA, F.; OLIVETE, B. GOMEZ, CABALLERO, P. A., PANDO, V. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *J. Food Eng*, v. 102, p.272-277, 2011.
- SARABJIT, S.; ALAVA, J. M. Functionality of emulsifiers in sponge cake Production. *J. Sci Food Agric.*, v. 83, p.1419-1429, 2003.
- SCHIRMER, M. Physicochemical interactions of polydextrose for sucrose replacement in pound cake. *Food Resch Inter.* V. 49, 2012.
- SHIROMA, P. H. *Estudo do comportamento reológico de suspensões aquosas de bentonita e CMC: Influência da concentração de NaCl*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- TONELI, J.T. de C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. *R. Brasileira de P. Agroin.* v.7, p. 181-204, 2005.