IV Encontro Nacional da Agroindústria

27 a 30 de Novembro de 2018

Área de Publicação: biotecnologia e/ou desenvolvimento de novos produtos agroindustriais

ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DO USO DE DIFERENTES ADOÇANTES SOBRE AS CARACTERISTICAS REOLÓGICAS DE BOLOS TIPO ESPONJA

Alba Valéria de Oliveira Barbosa[1], Natalia Duarte de Lima[2]; José Higor Siqueira Rodrigues[3]

[1]Universidade Federal de Pelotas

[2]Departamento de Tecnologia de alimentos-FATEC Sertão Central

[3]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano-Campus Ouricuri

E-mail do autor correspondente: albavobarbosa@gmail.com

RESUMO: Bolos são produtos de panificação muito apreciados pelos consumidores, no entanto, por ser muito calórico, seu consumo juntamente com outros alimentos de sabor doce tem sido associado ao aumento da incidência de doenças crônicas ligadas ao consumo do açúcar. Estudos relacionados a redução calórica de bolos, demonstraram que a substituição é possível desde que seja associado ao adoçante um agente de voluma, já que o açúcar atua diretamente na qualidade estrutural desse produto como agente de volume responsável pelo aumento da viscosidade e assim manutenção da estrutura adequada dos bolos. Esse trabalho teve como objetivo comparar os efeitos do uso de diferentes adoçantes como substituto do açúcar nas características reológicas de bolos tipo esponja. Os resultados demonstraram que apesar de proporcionar um aumento na viscosidade as soluções de adoçante e goma não foram capazes de reter as bolhas de ar formadas prejudicando assim a expansão do produto e consequentemente afetando negativamente as características reológicas ao passo que se elevava o nível de substituição.

PALAVRAS–CHAVE: Bolos; Redução calórica; características reológicas

INTRODUÇÃO

O bolo vem adquirindo crescente importância no que se refere ao consumo e comercialização no Brasil, por apresentarem alta versatilidade e sabor agradável ao paladar brasileiro. No entanto em razão de conter altos níveis de açúcar e gordura, o mesmo é considerado um alimento muito calórico, onde estudos revelaram que a ingestão de alimentos ricos em calorias, estão ligados ao aumento do número de ocorrências de doenças crônicas como o diabetes (LEE; LIN, 2005; BORGES et al, 2006).

O Ministério da Saúde (2017) em pesquisa recente revelou dados alarmantes sobre o aumento do índice de diabetes em brasileiros, os índices elevaram-se a 61,8% em 10 Entre 2006 e 2016, o número de pessoas que dizem saber do diagnóstico de diabetes passou de 5,5% para 8,9%. O crescimento do diabetes é uma tendência mundial, devido ao envelhecimento da população, mudanças dos hábitos alimentares e prática de atividade

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

física.

Estudos sobre a redução do açúcar datam desde a década de 80, onde se tem demostrado 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; BAMFORD, 1997).

O uso de adoçantes artificiais como substituto do açúcar em formulações de bolos vem sendo exaustivamente estudado, entretanto essa substituição resulta em defeitos prontamente detectáveis em suas estruturas. O uso conjunto de um adoçante e um agente espessante, vem sendo testado com o intuito de solucionar ou minimizar os problemas relacionados da redução do açúcar nos bolos (BATTOCHIO, 2007).

Sob esta perspectiva, a indústria de panificação tem o desafio de produzir bolos menos calóricos, sem alterar sua qualidade, visto que, o papel do açúcar é importante, pois o mesmo age restringindo a formação do glúten, retardando as temperaturas de desnaturação proteica e a gelatinização do amido, e por consequência, contribuindo para o aumento do volume e formação da textura (FRYE; SETSER, 1991; MANISHA; SOUMYA; INDRANI, 2012; RONDA et al, 2005).

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 esse trabalho, preparar bolos com substituições crescentes do açúcar por uma combinação de adoçantes (sucralose e acessulfame K) e espessante e comparar os efeitos dessa substituição ao açúcar sobre a nas características reológicas dos bolos.

MATERIAL E MÉTODOS

Material: No preparo dos bolos com reduzido teor calórico, além dos ingredientes convencionais utilizou-se também os adoçantes: Sucralose, cedido gentilmente pela TATE & LYLE (São Paulo-SP) e o acessulfame K, cedido generosamente pela M. Cassab (São Paulo-SP) utilizados como agentes de doçura, selecionados pela sua resistência a altas temperaturas, e a goma xantana usada como agente de volume foi fornecida pela Gastronomy lab (Brasília-DF).

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Preparo dos bolos: Para o preparo dos bolos com teor calórico reduzido, utilizou-se uma formulação controle otimizada por Cavalcante (2012), Foram elaboradas 7 (sete), mantendo fixas as proporções dos ingredientes, farinha de trigo, leite em pó, fermento químico, margarina, variando apenas a quantidade de açúcar no qual foi substituído em reduções crescentes pela solução dos adoçantes a 1% e goma xantana a 1,5%, totalizando 7 formulações para cada adoçante, com os mesmos níveis de substituição, para facilitar a comparação entre ambos, cuja codificação baseou-se no nível de substituição do açúcar pela solução dos adoçantes e goma xantana de acordo com o exposto na tabela 01, sendo F0, a formulação controle contendo apenas o açúcar na formulação.

Tabela 01- Formulações de bolos preparadas com substituição do açúcar pela solução de adoçante (sucralose / acessulfame K) 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, onde utilizou-se o método rápido de preparo no qual consiste em adicionar e bater os ingredientes em uma só etapa sem acarretar prejuízos a formação estrutural do bolo, depois de misturados os ingredientes foram batidos em batedeira comum 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 180ºC. Antes de serem levadas para o assamento, amostras das massas foram coletadas, inclusive da controle para análise reológica e densidade especifica. Depois de assados, efetuou-se a medição do volume especifico 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 (25ºC) 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 s^{n}) 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. Analise feita em triplicata.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Densidade especifica 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). Analise em triplicata.

Volume especifico do bolo: Depois de assado os bolos, efetuou-se o quarteamento para melhor representatividade da amostra, efetuando em seguida a medição do volume especifico da fatia dos bolos segundo metodologia descrita pela AACC (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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 01 traz os reogramas com as curvas da viscosidade aparente em função da taxa de cisalhamento das formulações de massa dos bolos com substituição do açúcar pela solução de sucralose e goma xantana (A) e a solução de acessulfame K (B), para fins comparativos com a formulação controle (F0).

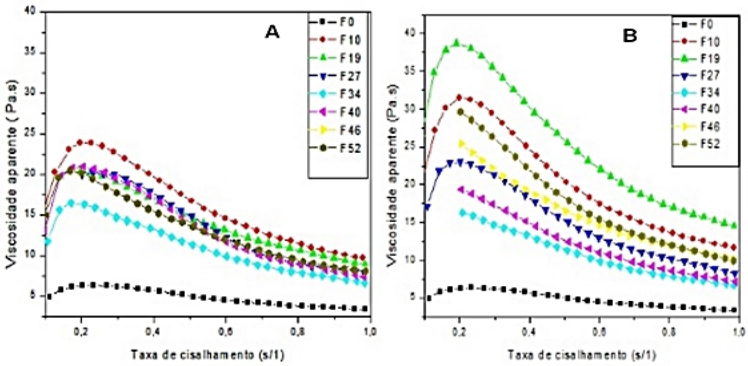

Figura 01: Curvas de viscosidade das massas de bolo com substituição parcial do açúcar por uma solução de sucralose (A) e Acessulfame K (B) com goma xantana.

Observa-se que todas as amostras, incluindo a controle F0, apresentaram um comportamento 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 0,48-0,27 (massa dos bolos com substituição parcial do açúcar por sucralose e goma xantana (TSG)) (tabela 02) e 0,48-0,25 (massa dos bolos com substituição parcial do açúcar por sucralose e goma xantana (TAG)) (tabela 02), confirmaram esse comportamento das amostras de massas de bolo contendo os respectivos adoçantes e goma xantana, de acordo

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

com o valor de n (índice de fluxo), onde n < 1 o fluxo é pseudoplástico e n > 1 é dilatante (TONELI et al., 2004).

Segundo Shiroma (2012), o coeficiente de consistência K indica o grau de resistência da amostra ao escoamento (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 forneamento (FRYE; SETSER, 1991; MARTÍNEZ-CERVERA et al., 2012)

Tabela 02: Valores de coeficiente de consistência e índice de fluxo, para massas de bolos elaborados com substituição parcial do açúcar pelas soluções de sucralose/acessulfame K e goma xantana

	Sucralose		Acessulfame K	
Formulação	Coeficiente de consistência (Pa s^n)	Índice de fluxo (n)	Coeficiente de consistência (Pa s^n)	Índice de fluxo (n)
F0	$3,29^{e} \pm 0,32$	$0,48^{a} \pm 0,00$	$3,29^{e} \pm 0,32$	$0,48^{a} \pm 0,00$
F10	$9,69^{ab} \pm 0,29$	$0,38^{b} \pm 0,01$	$11,49^{ab} \pm 0,41$	$0,29^{bcd} \pm 0,03$
F19	$9,21^{b} \pm 0,06$	$0,37^{b} \pm 0,02$	$11,69^{a} \pm 0,14$	$0,32^{bcd} \pm 0,02$
F27	$9,20^{b} \pm 0,14$	$0,29^{c} \pm 0,03$	$8,58^{d} \pm 0,12$	$0,25^{d} \pm 0,01$
F34	$7,32^{d} \pm 0,04$	$0,33^{bc} \pm 0,01$	$10,90^{abc} \pm 0,27$	$0,30^{bcd} \pm 0,04$
F40	$7,62^{cd} \pm 0,03$	$0,28^{c} \pm 0,03$	$7,88^{d} \pm 0,64$	$0,27^{cd} \pm 0,01$
F46	$8,27^{c} \pm 0,10$	$0,32^{bc} \pm 0,02$	$10,35^{bc} \pm 0,04$	$0,35^{bc} \pm 0,02$
F52	$10,26^{a} \pm 0,43$	$0,34^{bc} \pm 0,02$	$10,12^{c} \pm 0,09$	$0,34^{bc} \pm 0,02$

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>d>e

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Os resultados obtidos com a densidade especifica demostraram que houve uma boa incorporação de ar a massa, pois os referidos valores para as massas dos bolos TSG (tabela 03) variaram de 0,86-0,89g/cm-³, não diferindo significativamente entre si e a formulação F0. Com relação as massas dos bolos TAG (tabela 03) os valores variaram de 0,85-0,89g/cm-³, onde a formulações F46 e F52 diferiram significativamente da formulação controle com resultado superior a mesma, indicando que houve uma menor incorporação e retenção de ar nas mesmas quando comparada com a F0.

Tabela 1: Valores de densidade especifica das massas de bolo elaborados com substituição parcial do açúcar pelas soluções de sucralose/acessulfame K e goma xantana

Formulação	Densidade Especifica (g/cm^{-3})	
	Sucralose	Acessulfame K
F0	$0,86^{a} \pm 0,00$	$0,86^{b} \pm 0,00$
F10	$0,86^{a} \pm 0,03$	$0,85^{b} \pm 0,01$
F19	$0,88^{a} \pm 0,01$	$0,85^{b} \pm 0,00$
F27	$0,86^{a} \pm 0,02$	$0,88^{ab} \pm 0,01$
F34	$0,87^{a} \pm 0,01$	$0,87^{ab} \pm 0,01$
F40	$0,87^{a} \pm 0,00$	$0,88^{ab} \pm 0,00$
F46	$0,87^{a} \pm 0,00$	$0,89^{a} \pm 0,01$
F52	$0,89^{a} \pm 0,01$	$0,89^{a} \pm 0,01$

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

Baeva et al. (2003), Martinez-Cevera et al. (2012) e Manisha, Soumya e Indrani (2012), em seus trabalhos sobre redução do açúcar em bolos, estudaram o efeito da substituição do açúcar em diferentes concentrações por adoçantes artificiais associados a seus respectivos agentes de volume em formulações de bolo, todos relataram a redução no valor da densidade especifica, indicando que a substituição do açúcar não interferiu na incorporação de ar a massa durante a mistura.

Os valores obtidos com o volume especifico (tabela 04) dos bolos TSG variaram de 1,90- 1,06 cm3/g-1, resultados esses inferiores ao F0, excetuando as formulações F10 e F19, que não diferiram significativamente entre si e F0. Já os bolos TAG os valores para o volume especifico (tabela 04) variaram entre 1,90-1,06 cm3/g-1, resultados esses inferiores a controle, com exceção da formulação F10 que não diferiu significativamente da formulação controle.

Tabela 2: Valores de volume especifico dos bolos elaborados com substituição parcial do açúcar por uma solução de sucralose/acessulfame K e goma xantana

Formulação	Volume especifico (cm^3/g^{-1})	
	Sucralose	Acessulfame K
F0	$1,81^{a} \pm 0,01$	$1,81^{b} \pm 0,01$
F10	$1,90^{a} \pm 0,09$	$1,90^{a} \pm 0,02$

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

F19	$1,80^{a} \pm 0,03$	$1,59^{c} \pm 0,06$
F27	$1,51^{b} \pm 0,05$	$1,50^{c} \pm 0,01$
F34	$1,19^{c} \pm 0,03$	$1,29^{d} \pm 0,02$
F40	$1,17^{c} \pm 0,01$	$1,19^{de} \pm 0,02$
F46	$1,16^{c} \pm 0,02$	$1,10^{f} \pm 0,03$
F52	$1,05^{c} \pm 0,03$	$1,06^{f} \pm 0,03$

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>d>e>f

Verificou-se também uma relação inversamente proporcional entre os valores de coeficiente de consistência (tabela 02) e volume especifico (tabela 04). O volume específico pode ser utilizado como um indicador do desenvolvimento de volume e, consequentemente, da estrutura porosa do produto (PSIMOULI; OREOPOULOU, 2011).

Mesmo apresentando bons índices de consistência e incorporação de ar, os baixos valores de índice de fluxo (n) obtidos nas formulações das massas dos bolos TSG e TAG (Tabela 02), em relação a formulação controle (n=0,48) indicaram que essas formulações de bolo (TSG e TAG) foram mais susceptíveis as deformações provocadas pelo aumento da taxa de cisalhamento.

Ocorrendo uma redução na viscosidade mais acentuada à medida que, a taxa de cisalhamento era elevada, como ilustra os reogramas apresentados na figura 01, apontando para uma possível incapacidade de retenção do ar (oriundo da incorporação de células de ar durante a mistura e da fermentação química e do vapor de aquecimento) durante o forneamento, permitindo seu escape para a superfície do bolo e restringindo assim sua expansão (SARABJIT; ALAVA, 2003), resultando em bolos de baixo volume.

Sugerindo que, durante o assamento as formulações com substituição parcial do açúcar por pelos adoçantes e goma em questão apresentaram incapacidade 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.

CONCLUSÕES

As características reológicas da massa são fatores de controle das características de qualidade do bolo, no que concerne o desenvolvimento do volume desejado. Portanto, conclui-se que a substituição crescente do açúcar pelas soluções de adoçantes e goma xantana, mesmo apresentando elevado índice viscoso, foram incapazes de reter as células de ar durante o forneamento, resultando em bolos de baixo volume. As formulações F10 e F19 obtiveram resultados reológicos e físicos semelhantes a controle. Isso significa que

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

nesses níveis de substituição do açúcar não a prejuízos as propriedades reológicas da massa e do volume final dos bolos.

REFERÊNCIAS

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

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.

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.; OLIETE, 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 Rearch 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.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings