



Ciência e Tecnologia de Alimentos

ISSN: 0101-2061

revista@sbcta.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência e
Tecnologia de Alimentos

Brasil

Martins MONTENEGRO, Flávio; Rodrigues GOMES-RUFFI, Cristiane; VICENTE, Cláudia Aparecida; COLLARES-QUEIROZ, Fernanda Paula; Joy STEEL, Caroline
Biscoitos de polvilho azedo enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis
Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 28, núm. 1, 2008, pp. 184-191
Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos
Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=395940090029>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Biscoitos de polvilho azedo enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis

Fermented cassava starch biscuits enriched with soluble and insoluble fibers

Flavio Martins MONTENEGRO¹, Cristiane Rodrigues GOMES-RUFFI¹, Cláudia Aparecida VICENTE², Fernanda Paula COLLARES-QUEIROZ², Caroline Joy STEEL^{2*}

Resumo

O presente trabalho avaliou a utilização de farelo de trigo e polidextrose como fontes de fibra no enriquecimento de biscoitos de polvilho. Utilizou-se a Metodologia de Superfície de Resposta para verificar a influência da adição destes ingredientes nos parâmetros de qualidade dos biscoitos. As respostas avaliadas do planejamento experimental fatorial completo 2² foram o volume específico, a dureza instrumental, a umidade e a cor – parâmetros L, a* e b*. Para as respostas: volume específico e dureza instrumental, todos os fatores foram significativos, a 95% de confiança, com R² = 0,9307 e 0,8091, respectivamente. Pela análise das superfícies geradas, pode-se observar que o farelo de trigo e a polidextrose reduziram o volume específico e o farelo teve maior efeito no aumento da dureza. A substituição de polvilho azedo por farelo de trigo e polidextrose nas proporções de 1,5 e 5%, respectivamente, gerou uma amostra rica em fibras, com 6,23% de fibra alimentar (calculado teoricamente), sem prejuízo considerável para as características de expansão e dureza, e com boa aceitação sensorial.

Palavras-chave: biscoitos; farelo de trigo; metodologia de superfície de resposta; polidextrose; polvilho azedo.

Abstract

This work evaluated the use of wheat bran and polidextrose as fiber sources to enrich fermented cassava starch biscuits. The Response Surface Methodology was used to verify the influence of the addition of these fiber sources on the quality parameters of the biscuits. The responses of the 2² central composite rotational experimental design that were evaluated were specific volume, hardness, and moisture and color – parameters L, a*, and b*. For the specific volume and hardness responses, all factors were significant: 95% confidence level, with R² of 0.9307 and 0.8091, respectively. Analyzing the surfaces obtained it could be observed that the wheat bran and polidextrose reduced the specific volume and the wheat bran had a greater effect in increasing hardness. The substitution of fermented cassava starch by wheat bran and polidextrose in proportions of 1.5 and 5%, respectively, produced a fiber-rich sample with 6.23% dietary fiber (calculated theoretically) without affecting the expansion and texture characteristics negatively and with a good sensory acceptance.

Keywords: biscuits; wheat bran; response surface methodology; polidextrose; fermented cassava starch.

1 Introdução

Os biscoitos que fazem uso da fécula de mandioca em seu estado natural ou fermentado (polvilho azedo) são um típico produto brasileiro, comumente chamados de biscoitos de polvilho. Tradicionalmente, eram produzidos em padarias (CEREDA, 1983), mas, atualmente, muitas empresas também os fabricam. Apesar do nome remeter à forma fermentada da fécula de mandioca, as formulações que encontramos disponíveis no mercado são as mais diversas, ora utilizando somente o polvilho azedo, ora utilizando uma mistura de polvilho azedo e fécula de mandioca.

Apesar de algumas formulações de biscoitos de polvilho fazerem uso de misturas das matérias amiláceas, o polvilho azedo é usado em maior proporção que a fécula de mandioca. O polvilho azedo é matéria-prima essencial para a produção de pão de queijo e biscoitos de polvilho, sendo adequado para a elaboração de produtos sem glúten (BERTOLINI et al., 2001). É produzido a partir do polvilho doce (amido de mandioca), que é extraído das raízes de mandioca, lavado, purificado e seco (MARCON, 2006). O polvilho doce é então fermentado natu-

ralmente em tanques por 30 a 60 dias, dependendo do clima, na presença de excesso de água, ocorrendo predominantemente fermentação láctica. O produto fermentado úmido é seco ao sol por 1 a 2 dias, obtendo-se assim o polvilho azedo (DEMIATE et al., 2000; GOMES; SILVA; RICARDO, 2005).

Durante a fermentação, o amido de mandioca é modificado por enzimas amilolíticas e ácidos orgânicos produzidos por microrganismos do ambiente natural (MARCON, 2006). Sugeriu-se que pode ocorrer degradação oxidativa na exposição à radiação solar (DEMIATE et al., 2000; VATANASUCHART et al., 2005).

O polvilho azedo possui a capacidade de formar uma massa que, após assamento, possui alta expansão. A expansão durante o forneamento é atribuída à vaporização da água e à fluidez da pasta de amido. No assamento, ocorre a expansão da massa, envolvendo a transformação de uma massa predominantemente líquida em uma estrutura porosa, com redução da densidade,

Recebido para publicação em 13/6/2007

Aceito para publicação em 9/3/2008 (002559)

¹ Departamento Cereal Chocotec, Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, CEP 13070-178, Campinas - SP, Brasil

² Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas - SP, Brasil, E-mail: cjsteel@yahoo.com

*A quem a correspondência deve ser enviada

secagem e coloração da superfície, estabilizada pela gelatinização do amido e perda de água (BERTOLINI et al., 2001).

Segundo a maioria dos autores, tanto a fermentação láctica como a secagem ao sol (particularmente em determinados comprimentos de ondas UV) são importantes para o desenvolvimento da capacidade de expansão do polvilho azedo no forno (BERTOLINI et al., 2001; DEMIATE et al., 2000; VATANASUCHART et al., 2005).

Muitos estudos tentam entender o tipo de modificação, no nível molecular, responsável pelas propriedades de expansão do polvilho azedo, mas ainda não há uma resposta conclusiva. A hidrólise ácida e enzimática parcial do amido de mandioca, assim como a presença de exopolissacarídeos produzidos por bactérias durante a fermentação, têm sido consideradas (DEMIATE et al., 2000). Também pode ocorrer uma despolimerização parcial, mas não excessiva, das moléculas do amido de mandioca (amilose e amilopectina) nas regiões amorfas, sendo estes pequenos fragmentos lineares responsáveis pela estrutura amorfa da massa de amido durante o forneamento (VATANASUCHART et al., 2005).

Por ser o biscoito de polvilho um produto de baixo valor agregado, a inclusão de fibras enriqueceria sua composição nutricional, traduzindo-se em benefícios à saúde, além de torná-lo um produto inovador.

As fibras alimentares são formadas por carboidratos de estruturas complexas que não são hidrolisados pelo organismo humano (TROWELL, 1974). As fibras solúveis e insolúveis têm muitos efeitos positivos, podendo contribuir de forma significativa na prevenção de doenças. No caso das fibras insolúveis, estas aumentam o bolo fecal, reduzem o tempo de trânsito gastrointestinal e têm efeito direto na melhoria de casos de constipação intestinal. Já, as fibras solúveis contribuem para a diminuição de níveis de colesterol e triglicírides e redução de doenças coronárias (NELSON, 2001).

O farelo de trigo representa uma importante fonte de fibra insolúvel, trazendo benefícios para o trânsito intestinal. O teor de fibra alimentar total presente no farelo de trigo encontra-se em torno de 50%, e, desse total, o teor de fibra insolúvel representa cerca de 86% e, o de fibra solúvel, 14% (GUTKOSKI; PEDÓ, 2000).

Dietas contendo fibra de trigo foram efetivamente comprovadas como eficientes contra certos tipos de doenças. A presença de compostos antioxidantes no farelo de trigo confere propriedades importantes na inibição do LDL-colesterol, reduzindo o risco de doenças cardiovasculares. Vários compostos fenólicos encontrados no trigo estão concentrados no farelo, contribuindo para o teor de antioxidantes do cereal (ZOUL; LAUX; YU, 2004).

A polidextrose é um polímero solúvel em água formado por unidades de glicose, cujo valor calórico é de apenas 1 kcal.g⁻¹. É produzido através da condensação a vácuo de glicose, na presença de sorbitol e ácido cítrico ou fosfórico. Estudos foram realizados evidenciando o metabolismo da polidextrose em mamíferos e o que se pôde observar é que ocorre fermentação pelas bactérias do trato intestinal com a produção de ácido

acético, propioníco e butírico (FIDGOR; RENNARD, 1981). Seu mecanismo de ação é semelhante ao de qualquer outra fibra solúvel, como as pectinas, β-glucanas da aveia e a fração solúvel do farelo de trigo (GOVERS et al., 1999), diminuindo o nível de colesterol e de glicose no sangue (CHANDALIA et al., 2000).

A polidextrose está aprovada para o uso em alimentos pela US *Food and Drug Administration* e em mais de 50 países (JECFA, 1995). Adicionalmente ao efeito fisiológico, atua em alimentos melhorando a textura, funcionando como estabilizante e espessante, além de umectante. É muito utilizada em produtos para dietas de baixas calorias. Seus efeitos laxativos são encontrados somente em dosagens acima de 90 g/dia em adultos. A dosagem máxima recomendada para crianças é de 1 g.kg⁻¹ de massa corpórea para que não provoque flatulência (TORRES; THOMAS, 1981).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adição de farelo de trigo e de polidextrose, como fontes de fibra, nos parâmetros de qualidade de biscoitos de polvilho azedo, utilizando-se a Metodologia de Superfície de Resposta.

2 Material e métodos

2.1 Matérias-primas e formulação básica dos biscoitos

Para a realização dos testes, foi utilizado o polvilho azedo da empresa Yoki Alimentos S.A., localizada na cidade de Paranavaí-PR. O polvilho azedo e os demais ingredientes básicos utilizados na formulação dos biscoitos foram adquiridos no comércio local. O farelo de trigo e a polidextrose (Litesse® II) foram gentilmente cedidos pelas empresas Braswey S.A. Indústria e Comércio (Campinas, SP) e Danisco Sweetners Ltda. (Cotia, SP), respectivamente.

Os biscoitos foram preparados a partir de uma formulação padrão, na qual o polvilho azedo representava 100% e os demais ingredientes foram calculados como porcentagem sobre a massa do polvilho, sendo: 26%, gordura vegetal hidrogenada; 10%, ovo líquido pasteurizado; 3,8%, sal; 0,5%, lecitina de soja; e 45%, água. A adição do farelo de trigo e da polidextrose foi realizada substituindo-se parcialmente a quantidade de polvilho azedo da formulação padrão.

2.2 Processo de fabricação dos biscoitos

Em uma batedeira planetária da marca *KitchenAid* (modelo K5SSWH2, St. Joseph, EUA), foram misturados o polvilho azedo, o sal e 5% da água, em velocidade baixa, por 4 minutos. A seguir, foi realizado o escaldamento desse material, adicionando-se uma mistura fervente (97 °C) com o restante da água (40%), gordura e lecitina, previamente homogeneizados, misturando por mais 3 minutos em velocidade baixa. Sem desligar a batedeira, adicionou-se o ovo, a polidextrose e o farelo de trigo, misturando por 1 minuto, em velocidade baixa. Para melhor incorporação de ar, a massa foi mantida sob batimento por mais 3 minutos em velocidade alta. A massa, à temperatura de 26 °C, foi usada para moldar os biscoitos padronizados no formato cilíndrico de 5,0 cm de comprimento e 1,5 cm de diâmetro, distribuídos uniformemente em assadeira com o auxílio de um

bico de confeitar nº 2 (circular, com diâmetro de 0,5 cm). Os biscoitos foram assados em um forno termoestático da marca Perfecta (modelo Vipinho 045002126, Curitiba, Brasil), a 200 °C, por 14 minutos, sendo posteriormente resfriados naturalmente à temperatura ambiente.

2.3 Planejamento experimental

Neste trabalho, foi utilizado um planejamento experimental fatorial completo 2², no qual as variáveis independentes foram os teores de farelo de trigo (%) e de polidextrose (%), sendo seus níveis apresentados na Tabela 1. O planejamento foi constituído por quatro ensaios lineares nos níveis -1 e +1, quatro ensaios axiais ($\alpha = 1,414$) e quatro ensaios no ponto central, como pode ser observado na Tabela 2. As variáveis dependentes ou respostas foram: teor de umidade, volume específico, dureza instrumental, cor instrumental e aceitação sensorial (aparência, textura, aroma e sabor) dos biscoitos. Utilizando-se o programa *Statistica*[®], versão 5.0 (StatSoft, USA) (STATSOFT, 1995), os resultados foram avaliados pela Metodologia de Superfície de Resposta.

2.4 Análises químicas e físicas dos produtos

As análises descritas a seguir foram realizadas nos biscoitos produzidos nos ensaios segundo o planejamento experimental.

Umidade

A umidade foi determinada segundo o método 44-15A da AACC (2000).

Tabela 1. Valores utilizados no DCCR para o enriquecimento dos biscoitos.

Variáveis independentes	Símbolo	Níveis				
		- α	-1	0	+1	+ α
Farelo de trigo (%)	F	0,0	1,5	5,0	8,5	10,0
Polidextrose (%)	POLI	0,0	1,5	5,0	8,5	10,0

$\alpha = (2^n)^{1/4} = 1,414$; onde n = nº de variáveis independentes.

Tabela 2. Matriz do planejamento experimental fatorial completo 2² e resultados obtidos para as formulações de biscoitos de polvilho enriquecidos com fibras.

Ensaio	Variáveis independentes					Variáveis dependentes ou respostas				Teor de fibra alimentar ⁴ (%)	
	Farelo de trigo		Polidextrose			VE ³ (mL.g ⁻¹)	Dureza (kgf)	Cor			
	X ₁ ¹	x ₁ ² (%)	X ₂ ¹	x ₂ ² (%)	Umidade (%)			L	a*		
1	-1	1,5	-1	1,5	3,68	5,4	1,90	73,33	3,37	20,69	
2	1	8,5	-1	1,5	2,83	4,9	2,26	66,92	4,95	21,61	
3	-1	1,5	1	8,5	3,21	5,5	1,45	68,12	5,69	23,48	
4	1	8,5	1	8,5	1,15	2,9	2,01	61,10	9,14	26,50	
5	-1,414	0	0	5	2,12	5,3	1,61	74,57	3,26	21,11	
6	1,414	10	0	5	4,28	3,3	2,54	67,13	6,51	24,26	
7	0	5	-1,414	0	4,67	4,5	3,90	69,52	5,30	21,95	
8	0	5	1,414	10	3,98	3,6	1,73	67,84	6,47	24,13	
9 (C)	0	5	0	5	3,52	3,8	3,16	71,61	4,63	20,34	
10 (C)	0	5	0	5	3,55	3,8	3,15	69,90	5,53	23,07	
11 (C)	0	5	0	5	4,02	3,8	3,16	66,98	6,55	25,14	
12 (C)	0	5	0	5	3,85	3,8	3,17	67,23	5,59	22,70	

¹X_i: valor codificado; ²x_i: valor real; ³VE: volume específico; ⁴Cálculo teórico; e (C): ponto central.

Volume específico

O volume específico foi expresso como razão do volume dos biscoitos (mL) por sua massa (g). O volume das amostras de biscoitos previamente resfriadas foi medido pelo método de deslocamento de sementes de colza. Foi utilizado um medidor de volume da marca Vondel Indústria e Comércio de Máquinas e Componentes Ltda, modelo MDMV 03/MVP 1300, São José dos Pinhais – PR, Brasil.

Textura

A análise de textura instrumental foi realizada pela medida do parâmetro dureza, em texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Godalming - Surrey - UK), de carga máxima 50 kg, com *probe 3-Point Bending Rig* (HDP/3PB), nas seguintes condições:

- Medida de força em compressão;
- Velocidade pré-teste: 1 mm/s;
- Velocidade de teste: 3,0 mm/s;
- Velocidade pós-teste: 10 mm/s; e
- Distância da abertura dos apoios da base para colocar a amostra: 40 mm.

Foram realizadas 10 repetições da análise para cada ensaio (STABLE MICRO SYSTEMS, 1997).

Cor

A análise de cor foi realizada em colorímetro Color-Eye da MacBeth, a 25 °C, nas seguintes condições: iluminante D₆₅ e ângulo de observação 10°. Os resultados apresentados, utilizando o sistema CIELab, são as médias dos valores medidos dos parâmetros L* (luminosidade), a* e b* (coordenadas de cromaticidade).

Cálculo teórico do teor de fibra alimentar

O teor de fibra alimentar dos biscoitos foi calculado teoricamente levando-se em consideração que o farelo de trigo utilizado possui aproximadamente 40% de fibra alimentar total e a polidextrose utilizada possui 90% de fibras totais, dados obtidos dos fornecedores. Considerou-se que os demais ingredientes da formulação não contribuíram para o teor de fibra alimentar.

Análise sensorial

A partir dos resultados obtidos nas análises anteriores, foram escolhidas amostras de 3 ensaios para serem submetidas à análise sensorial.

Estas amostras foram avaliadas quanto à aceitação da aparência, textura, aroma e sabor, por meio de escala hedônica de nove pontos (9 = gostei extremamente, 1 = desgostei extremamente). A intenção de compra também foi avaliada por meio de escala de 5 pontos (5 = certamente compraria, 1 = certamente não compraria). Foram recrutados 43 provadores não treinados, com idade de 18 a 62 anos, entre estagiários, funcionários e pesquisadores do ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos). Dentre os provadores, 95% afirmaram que costumam consumir este tipo de produto, sendo que 74,4% consomem pelo menos uma vez ao mês (STONE; SIDEL, 1993).

3 Resultados e discussão

Os resultados das avaliações realizadas nos biscoitos de polvilho enriquecidos com fibras obtidos nos diferentes ensaios são apresentados na Tabela 2.

3.1 Umidade

Não foi possível a obtenção de um ajuste linear ou quadrático que descrevesse o efeito das variáveis independentes sobre esta resposta.

3.2 Cor

Avaliando as médias dos parâmetros L* (luminosidade), a* e b* (coordenadas de cromaticidade) dos biscoitos enriquecidos com fibras produzidos nos 12 ensaios do planejamento, não foi possível a obtenção de ajustes lineares ou quadráticos que descrevessem o efeito das variáveis independentes sobre estas respostas e nem que demonstrassem alguma tendência. Visualmente, constatou-se que a inclusão de farelo de trigo escurceu o produto adicionado desta fonte de fibra, o que não aconteceu com os biscoitos adicionados apenas de polidextrose.

3.3 Volume específico

O volume específico apresentou uma variação de 3,29 mL.g⁻¹ (Ensaio 6) a 5,50 mL.g⁻¹ (Ensaio 3).

Todos os efeitos foram significativos, a 95% de confiança, considerando o erro puro, de acordo com a Tabela 3, indicando que as variáveis afetaram a resposta analisada.

O modelo, para uso com valores codificados das variáveis independentes, proposto para representar o volume específico dos biscoitos de polvilho em função da adição de farelo de trigo e de polidextrose, é apresentado na Equação 1.

$$VE = 3,81 - 0,74 \times x_1 + 0,36 \times x_1^2 - 0,41 \times x_2 + 0,26 \times x_2^2 - 0,54 \times x_1 \times x_2 \quad (1)$$

onde:

$$R^2 = 0,9307;$$

x_1 = farelo de trigo;

x_2 = polidextrose; e

VE = volume específico (mL.g⁻¹).

Como se pode observar na Tabela 4, o modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, com R^2 igual a 0,9307, evidenciando que o modelo explicou 93,07% da variação dos dados experimentais. O valor do $F_{\text{calculado}}$ da regressão foi aproximadamente quatro vezes maior que o F_{tabelado} . Assim, pode-se dizer que os dados experimentais ajustaram-se ao modelo obtido.

A Figura 1 a) mostra a superfície de resposta quadrática; e b) as curvas de contorno, geradas através do modelo proposto.

A superfície obtida e as curvas de contorno confirmam a análise dos efeitos e permitem visualizar a variação da resposta em função do teor de cada fonte de fibra, dentro das faixas utilizadas. Observa-se que o volume específico dos biscoitos diminuiu com o aumento concomitante das duas fontes de fibra. No caso do uso conjunto, a faixa de uso para a obtenção de um bom resultado é de até 2,0% de farelo de trigo, permitindo com

Tabela 3. Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística (p) de cada fator para o volume específico dos biscoitos de polvilho enriquecidos com fibras.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t (3)	Significância estatística (p)
Efeitos principais				
F (L)	-1,4887	0,0211	-70,4994	0,0000
F (Q)	0,7227	0,0236	30,6089	0,0000
POLI (L)	-0,8127	0,0211	-38,4852	0,0000
POLI (Q)	0,5227	0,0236	22,1361	0,0002
Efeito de interação				
F x POLI	-1,0700	0,0299	-35,8329	0,0000

F: farelo de trigo; POLI: polidextrose; (L): linear; e (Q): quadrático.

Tabela 4. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para o volume específico.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado} (p < 0,05)	R ²
Ressagem	7,9710	5	1,5942	16,12	4,39	0,9307
Resíduos	0,5934	6	0,0989	-	-	-
Falta de ajuste	0,5907	3	0,1969	-	-	-
Erro puro	0,0027	3	0,0009	-	-	-
Total	8,5644	11	-	-	-	-

SQ: soma quadrática; GL: graus de liberdade; e MQ: média quadrática.

isso a utilização de polidextrose em qualquer porcentagem, devendo ser levado em consideração o custo da matéria-prima para a definição do melhor custo-benefício requerido. Segundo Park et al. (1997), a adição de 5 a 10% de fibra de trigo diminuiu o volume de produtos de panificação de 5 a 15%. Isto ocorreu provavelmente devido ao enfraquecimento da estrutura (PARK; SEIB; CHUNG, 1997).

3.4 Dureza instrumental

Os valores obtidos para a resposta dureza instrumental variaram de 1,45 kgf (Ensaio 3) a 3,90 kgf (Ensaio 7).

Todos os efeitos avaliados também foram significativos a 95% de confiança, considerando o erro puro, de acordo com a Tabela 5, indicando que as variáveis afetaram significativamente a resposta analisada.

Para representar a dureza instrumental dos biscoitos de polvilho em função dos valores codificados das variáveis independentes (farelo de trigo e polidextrose), foi proposto o modelo da Equação 2:

$$\text{DUR} = 3,16 + 0,28 \times x_1 - 0,68 \times x_1^2 - 0,47 \times x_2 - 0,31 \times x_2^2 + 0,05 \times x_1 \times x_2 \quad (2)$$

onde:

$$R^2 = 0,8091;$$

x_1 = farelo de trigo;

x_2 = polidextrose; e

DUR = dureza (kgf).

Com a análise de variância (ANOVA) apresentada na Tabela 6, verificou-se a significância da regressão, ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$). Os resultados apresentaram uma variação explicada de 80,91% e, verificou-se que o $F_{\text{calculado}}$ é aproximadamente 16% maior que o F_{tabelado} .

A Figura 2 a) mostra a superfície de resposta quadrática; e b) as curvas de contorno, geradas através do modelo proposto.

Observa-se que a dureza instrumental dos biscoitos é maior na região correspondente à substituição de polvilho azedo por porcentagens de 3 a 7% de farelo de trigo e de 0 a 5% de polidextrose. Conforme Maier et al. (1993), as fibras solúveis tendem a formar géis em contato com a água e desta forma auxiliam no aumento de retenção de umidade, promovendo a maciez em produtos de panificação (MAIER et al., 1993).

Tabela 5. Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística (p) de cada fator para a dureza dos biscoitos de polvilho enriquecidos com fibras.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t (3)	Significância estatística (p)
Efeitos principais				
F (L)	0,5599	0,0057	96,9788	0,0000
F (Q)	-1,3559	0,0065	-210,0166	0,0000
POLI (L)	-0,9411	0,0058	-162,9957	0,0000
POLI (Q)	-0,6157	0,0065	-95,3659	0,0000
Efeito de interação				
F × POLI	0,0978	0,0082	11,9756	0,0013

F: farelo de trigo; POLI: polidextrose; (L): linear; e (Q): quadrático.

Tabela 6. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para a dureza instrumental.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	$F_{\text{calculado}}$	$F_{\text{tabelado}} (p < 0,05)$	R^2
Regressão	5,5461	5	1,1092	5,08	4,39	0,8091
Resíduos	1,3085	6	0,2181	-	-	-
Falta de ajuste	1,3083	3	0,4361	-	-	-
Erro puro	0,0002	3	0,0001	-	-	-
Total	6,8546	11	-	-	-	-

SQ: soma quadrática; GL: graus de liberdade; e MQ: média quadrática.

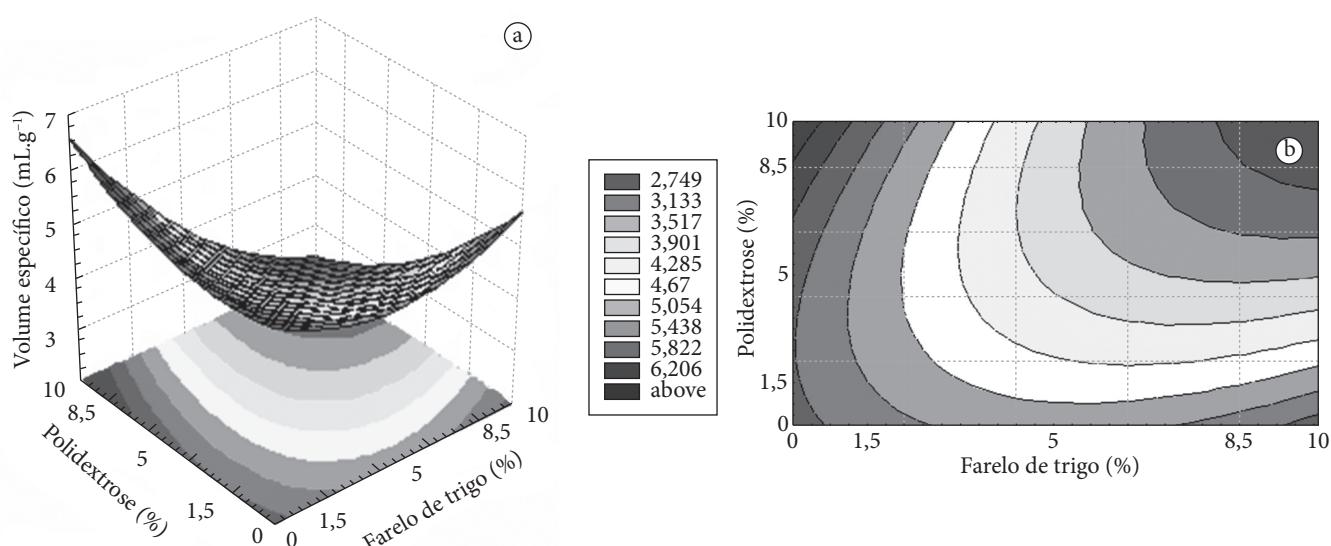


Figura 1. Superfície de resposta e curvas de contorno para o volume específico.

3.5 Desvios entre valores experimentais e preditos

Os resultados apresentados na Tabela 7 são referentes aos desvios entre os valores experimentais e os valores preditos pelos modelos obtidos para o volume específico e a dureza instrumental.

Pode-se observar que os desvios obtidos para a resposta volume específico, que apresentou maior R^2 e maior razão entre o $F_{\text{calculado}}$ e o F_{tabelado} , foram em geral menores.

No caso do volume específico, os desvios (<10%) dão segurança ao pesquisador no uso do modelo. Já para a resposta dureza, para alguns ensaios, os desvios foram maiores, sugerindo-se o uso das superfícies apenas para observar tendências.

3.6 Teor de fibra alimentar teórico

Os Ensaios 2 (8,5% farelo de trigo e 1,5% polidextrose) e 5 (0% farelo de trigo e 5% polidextrose), como mostram os cálculos teóricos, atingiram os teores exigidos pela legislação

brasileira para serem considerados “fontes de fibras” (3 g de fibra alimentar/100 g de produto sólido); e o Ensaio 3 (1,5% farelo de trigo e 8,5% polidextrose), pode ser considerado “rico em fibras”, pois possui um teor de fibra alimentar superior aos 6 g de fibra alimentar/100 g de produto sólido, exigidos para esta alegação (BRASIL, 2006).

3.7 Teste de aceitação dos biscoitos escolhidos

Após a avaliação do teor de fibra alimentar e das duas principais respostas do ponto de vista tecnológico, volume específico e dureza instrumental, foram escolhidos os biscoitos dos Ensaios 2, 3 e 5, mostrados na Figura 3, para a condução do teste de aceitação. O Ensaio 3 é “rico em fibras” e apresentou os melhores resultados de volume específico ($5,50 \text{ mL.g}^{-1}$, o maior valor) e de dureza instrumental (1,45 kgf, o menor valor). Os Ensaios 2 e 5, “fontes de fibras”, apresentaram valores de volume específico e dureza instrumental, 10% e 52,5% e 4% e 11% inferiores aos do Ensaio 3, respectivamente. Adicionalmente, o

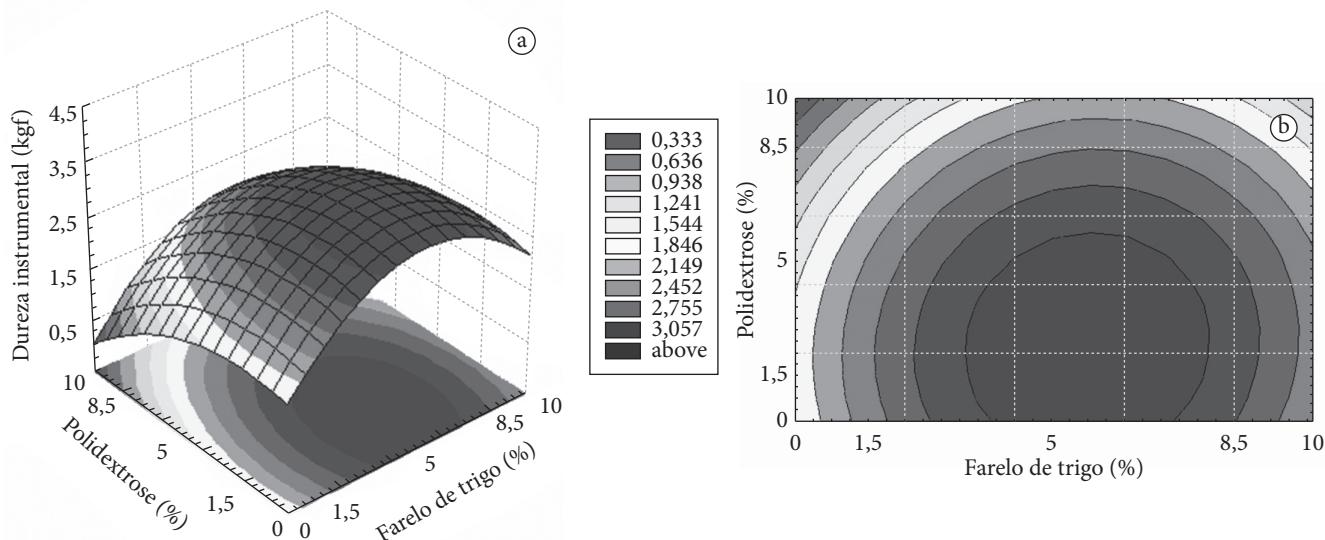


Figura 2. Superfície de resposta e curvas de contorno para a dureza instrumental.

Tabela 7. Desvios entre os valores obtidos experimentalmente e os valores preditos pelos modelos para o volume específico e a dureza instrumental.

Ensaio	x1	x2	Volume específico (mL.g^{-1})			Dureza instrumental (kgf)		
			Experimental	Predito	Desvio (%)	Experimental	Predito	Desvio (%)
1	-1	-1	5,44	5,04	7,35	1,90	2,41	-27,14
2	1	-1	4,94	4,64	6,07	2,26	2,87	-26,99
3	-1	1	5,50	5,30	3,64	1,45	1,37	5,52
4	1	1	2,86	2,74	4,20	2,01	2,03	-1,00
5	-1,414	0	5,28	5,58	-5,61	1,61	1,40	12,76
6	1,414	0	3,29	3,48	-5,88	2,54	2,20	13,53
7	0	-1,414	4,52	4,91	-8,62	3,90	3,20	17,83
8	0	1,414	3,65	3,75	-2,74	1,73	1,88	-8,42
9	0	0	3,82	3,81	0,26	3,16	3,16	0,00
10	0	0	3,85	3,81	1,04	3,15	3,16	-0,32
11	0	0	3,78	3,81	-0,79	3,16	3,16	0,00
12	0	0	3,80	3,81	-0,26	3,17	3,16	0,32

x1: farelo de trigo; x2: polidextrose. Desvio (%) = [(Experimental - Predito)/Experimental]; e *100.

Ensaio 2 provavelmente teria um custo menor e o Ensaio 5 pode ser interessante por sua aparência homogênea e mais próxima ao aspecto do biscoito convencional, sem a presença do farelo.

Os resultados obtidos no teste de aceitação da aparência, textura, sabor e aroma dos biscoitos escolhidos, bem como a intenção de compra, são apresentados na Tabela 8. As amostras avaliadas não diferiram entre si ($p < 0,05$) somente para o atributo sabor, obtendo médias correspondentes a “gostei moderadamente”. Para os demais atributos, as amostras dos Ensaios 3 e 5 não diferiam entre si e foram diferentes do Ensaio 2, ao nível de 5% de significância. As amostras dos Ensaios 3 e 5 obtiveram, para os atributos aparência, textura e aroma, médias superiores ao Ensaio 2, com valores variando entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”. Os valores para o Ensaio 2 variaram entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Este resultado evidencia que o uso de farelo em quantidades de 8,5% foi prejudicial para a aceitação do biscoito e os provadores não rejeitaram um produto identificado como “enriquecido com fibras” sem grandes quantidades de farelo aparente, visto que Ensaio 3 possui porcentagens menores deste ingrediente, e o Ensaio 5 não o contém.

A avaliação sensorial da textura com a dureza instrumental apresentou correlação completa, pois os provadores identifica-

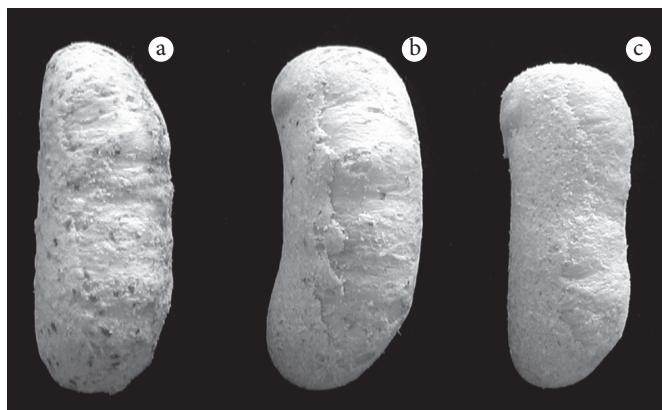


Figura 3. Formulações escolhidas para a condução do teste de aceitação: a) Ensaio 2 (8,5% farelo de trigo e 1,5% polidextrose); b) Ensaio 3 (1,5% farelo de trigo e 8,5% polidextrose); e c) Ensaio 5 (0% farelo de trigo e 5% polidextrose).

Tabela 8. Resultados obtidos no teste de aceitação da aparência, textura, sabor e aroma dos biscoitos de polvilho enriquecidos com fibras.

Ensaio	Aceitação			
	Aparência	Textura	Sabor	Aroma
2 (8,5% x1 + 1,5% x2)	(6,4 ± 1,6) ^b	(6,5 ± 1,6) ^b	(6,6 ± 1,4) ^a	(6,9 ± 1,7) ^b
3 (1,5% x1 + 8,5% x2)	(7,0 ± 1,3) ^a	(7,4 ± 1,2) ^a	(7,0 ± 1,4) ^a	(7,7 ± 1,1) ^a
5 (0,0% x1 + 5,0% x2)	(7,5 ± 0,9) ^a	(7,2 ± 1,2) ^a	(7,0 ± 1,3) ^a	(7,6 ± 0,9) ^a

x1: farelo de trigo; x2: polidextrose. No teste de aceitação, 1 = “desgostei extremamente”; 9 = “gostei extremamente”. Resultados expressos como a média ± desvio padrão. Em cada coluna, valores seguidos de letras iguais não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

ram o Ensaio 3 como sendo o de melhor textura e o Ensaio 2 como o de pior textura. Este fato está relacionado com a dureza instrumental das amostras, tendo o Ensaio 2 apresentado a maior dureza instrumental e o Ensaio 3, a menor dureza, mostrando a relação inversa entre a textura sensorial e a dureza instrumental.

De acordo com a Figura 4, que demonstra a intenção de compra dos produtos avaliados, 82% dos provadores manifestaram sua intenção de compra entre “possivelmente compraria” e “certamente compraria” para as amostras dos Ensaios 3 e 5, enquanto que o Ensaio 2 obteve somente 51% para a somatória dessas duas intenções.

4 Conclusões

- Tanto a adição de farelo de trigo quanto a de polidextrose (fontes de fibra alimentar) tiveram influência no volume específico (relacionado à expansão) e na dureza dos biscoitos de polvilho, tendo em vista que todos os fatores apresentaram efeitos significativos ($p < 0,05$) nas respostas volume específico e dureza instrumental, com $R^2 = 0,9307$ e 0,8091, respectivamente;
- O volume específico dos biscoitos diminuiu à medida que os teores de farelo de trigo e de polidextrose aumentaram, concomitantemente. Devido, provavelmente, ao enfraquecimento da estrutura pela adição da fibra de trigo;
- O aumento do teor de farelo de trigo, até aproximadamente 8,5%, aumentou a dureza instrumental, enquanto o aumento do teor de polidextrose, acima de 5%, reduziu esse parâmetro, devido às propriedades de retenção de água das fibras solúveis;
- Biscoitos menos rígidos foram obtidos na região correspondente à substituição de polvilho azedo por porcenta-

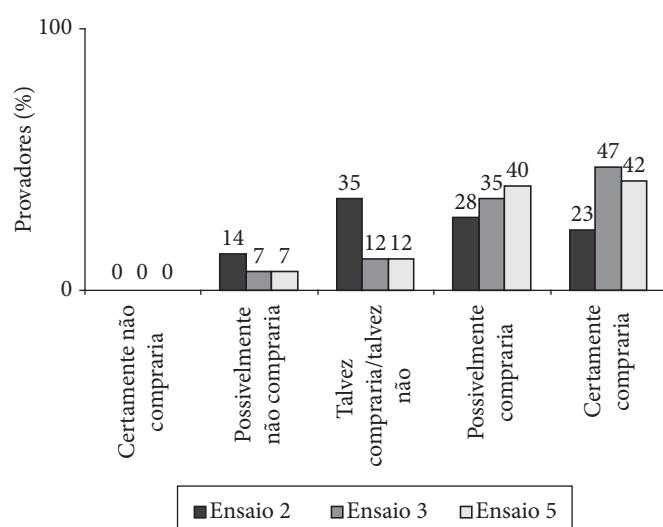


Figura 4. Valores de intenção de compra das amostras escolhidas. a) Ensaio 2 (8,5% farelo de trigo e 1,5% polidextrose); b) Ensaio 3 (1,5% farelo de trigo e 8,5% polidextrose); e c) Ensaio 5 (0% farelo de trigo e 5% polidextrose).

gens de até 1,5% de farelo de trigo e superiores a 5% de polidextrose;

- Quanto ao atributo sabor, os Ensaios 2, 3 e 5 foram iguais, no entanto, nos demais atributos (aparência, textura e aroma), os Ensaios 3 e 5 não diferiram entre si e obtiveram maior aceitação em relação ao Ensaio 2;
- A formulação do planejamento experimental que melhor atendeu às características tecnológicas de qualidade (maior volume específico e menor dureza instrumental) e boa aceitação sensorial foi o Ensaio 3 (1,5% farelo de trigo e 8,5% polidextrose), podendo também ser considerada, “rica em fibras”, segundo a legislação brasileira; e
- É possível, com o uso de farelo de trigo e de polidextrose produzir biscoitos de polvilho enriquecidos com fibras que possam ser rotulados como “fonte de fibras” (3 g de fibra alimentar/100 g de produto sólido) ou “rico em fibras” (6 g de fibra alimentar/100 g de produto sólido), com características tecnológicas adequadas e boa aceitação sensorial.

Agradecimentos

- Ao Cereal Chocotec do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL);
- À Empresa Danisco Sweetners Ltda. (Cotia, SP); e
- À Empresa Braswey S.A. Indústria e Comércio (Campinas, SP).

Referências bibliográficas

- AACC. **Approved Methods.** 10 ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 2000.
- BERTOLINI, A. C. et al. Relationship between thermomechanical properties and baking expansion of sour cassava starch (polvilho azedo). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 4, p. 429-435, 2001.
- BRASIL. Portaria nº 27. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta Portaria. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 jan. 1998. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/>>. Acesso em: 04 maio 2006.
- CEREDA, M. P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). I. Formulação e preparo de biscoitos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, p. 287-295, 1983.
- CHANDALIA, M. et al. Beneficial effects of high dietary fiber intake in patients with type 2 diabetes mellitus. **New England Journal of Medicine**, v. 342, n. 19, p. 1392-1398, 2000.
- DEMIATE, I. M. et al. Relationship between baking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. **Carbohydrate Polymers**, v. 42, n. 2, p. 149-158, 2000.
- FIDGOR, S. K.; RENNARD, H. W. Caloric utilization and disposition of C-polydextrose in the rat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 29, n. 6, p. 1181-1189, 1981.
- GOMES, A. M. M.; SILVA, C. E. M.; RICARDO, N. M. P. S. Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo). **Carbohydrate Polymers**, v. 60, n. 1, p. 1-6, 2005.
- GOVERS, M. J. et al. Wheat bran affects the site of fermentation of resistant starch and luminal indexes related to colon cancer risk: a study in pigs. **Gut**, v. 45, n. 6, p. 840-847, 1999.
- GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. **Aveia:** composição química, valor nutricional e processamento. São Paulo: Varela, 2000.
- JECFA. Polydextrose. In: **Compendium of Food Additive Specifications - Addendum 3**. FAO Food and Nutrition, Paper 52, 1995. p. 137-144.
- MAIER, H. et al. Guar, locust bean, tara and fenugreek gums. In: **Industrial gums: polysaccharides and their derivatives**. Whistler, R. L.; BeMiller, J. N. (Eds.). 3^a ed., 1993. cap. 8, p. 181-226.
- MARCON, M. J. A. et al. The effect of fermentation on cassava starch microstructure. **Journal of Food Process Engineering**, v. 29, n. 4, p. 362-372, 2006.
- NELSON, A. L. Higher fiber ingredients. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 2001.
- PARK, H.; SEIB, P. A.; CHUNG, O. K. Fortifying bread with a mixture of wheat fiber and psyllium husk fiber plus three antioxidants. **Cereal Chemistry**, v. 74, n. 3, p. 207-211, 1997.
- STABLE MICRO SYSTEMS. **User Manual.** Texture Analyser TA-XT2i, Godalming, versions 6.10 and 7.10. Fasdfafas: Stable Micro Systems, 1997.
- STATSOFT. **STATISTICA for Windows – Release 5.0 A.** Tulsa, OK, USA: StatSoft, Inc., 1995.
- STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices.** 2^a ed. San Diego: Academic Press, 1993. 338 p.
- TORRES, A.; THOMAS, R. D. Polydextrose and its applications in foods. **Food Technology**, v. 35, n. 7, p. 44-49, 1981.
- TROWELL, H. C. Definition of dietary fibre. **Lancet**, p. 503-505, 1974.
- VATANASUCHART, N. et al. Molecular properties of cassava starch modified with different UV irradiations to enhance baking expansion. **Carbohydrate Polymers**, v. 61, n. 1, p. 80-87, 2005.
- ZOUL, K.; LAUX, J. J.; YU, L. Comparison of Swiss red wheat grain and fractions for their antioxidant properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 5, p. 1118-1123, 2004.