

COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE MISTURA BASE DE SORVETE FORMULADA COM EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA

GUSTAVO DAS GRAÇAS PEREIRA¹, JAIME VILELA DE RESENDE², LUIZ RONALDO DE ABREU³, TALES MARCIO DE OLIVEIRA GIAROLA⁴, FAUSTO ALVES DE LIMA JÚNIOR⁵

RESUMO

No presente trabalho objetivou-se avaliar a influência da substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja, em níveis de 0, 10, 20 e 30 %, no comportamento reológico de misturas base de sorvete. A formulação proposta continha 10 % de gordura láctea, 11 % de sólidos não gordurosos do leite, 12 % de sacarose, 4 % de xarope de milho e 0,6 % de *mix* de estabilizantes e emulsificantes. Os ensaios reológicos foram realizados a 5 °C em um reômetro rotacional com geometria de cilindros concêntricos e os resultados experimentais foram ajustados ao modelo matemático da lei da potência para a obtenção do índice de consistência e índice de comportamento de fluxo. Observou-se que o índice de consistência aumentou à medida que se elevou o nível de substituição do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja e que todos os tratamentos de mistura base apresentaram comportamento não-Newtoniano com caráter pseudoplástico.

Palavras-chave: Extrato hidrossolúvel de soja, Mistura base de sorvete, Índice de consistência, Índice de comportamento de fluxo

INTRODUÇÃO

O conhecimento do comportamento reológico dos alimentos é útil no controle de qualidade, determinação da vida de prateleira, correlação com a avaliação sensorial, definição da microestrutura e aplicações em engenharia de processos (BUFFO & REINECCIUS, 2002).

A soja é uma leguminosa que apresenta grande capacidade de ser explorada pelas indústrias de alimentos e bebidas em decorrência de suas características nutricionais, à presença de constituintes que estão relacionados com a diminuição de algumas doenças crônico-degenerativas e por apresentar propriedades funcionais como capacidade de retenção de água, emulsificação, formação de espuma e geleificação (MARTÍNEZ et al., 2009; PEDNEKAR et al., 2010).

A característica de retenção de água dos produtos à base de soja depende da estrutura e das características de aglomeração das proteínas (principalmente as frações 7S e 11S). Há estudos nos quais foram demonstrados que soluções de isolado proteico de soja que contêm um balanço adequado entre solubilidade e grau de agregação apresentam boa capacidade de retenção de água, com consequente aumento da viscosidade aparente (AÑÓN et al., 2001).

Assim, a utilização de derivados de soja na formulação de sorvetes pode promover um acréscimo na viscosidade da mistura base e, conseqüentemente, da matriz não congelada, acarretando em diversas melhorias estruturais ao produto tais como redução no tamanho dos cristais de gelo, minimização dos efeitos das flutuações de temperatura na recristalização, redução da taxa de derretimento e aumento da incorporação e dispersabilidade das bolhas de ar (MUSE & HARTEL, 2004; SOFJAN & HARTEL, 2004). Esses efeitos estão relacionados à redução da mobilidade molecular das partículas que compõem a microestrutura do sorvete.

Em função disso, com o presente trabalho objetivou-se avaliar a influência da substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja nas propriedades reológicas da mistura base de sorvete.

MATERIAL E MÉTODOS

¹ Mestre em Ciência dos Alimentos, DCA/ UFLA, gualimentos@yahoo.com.br

² Professor Adjunto, DCA/UFLA, jvresende@dca.ufla.br

³ Professor Titular, DCA/UFLA, lrabreu@dca.ufla.br

⁴ Técnico de laboratório, DCA/UFLA, tgiarola@dca.ufla.br

⁵ Mestrando em Ciência dos Alimentos, DCA/UFLA, fjuniora@hotmail.com

Preparação da mistura base

Foram preparadas misturas base de sorvete contendo 10 % de gordura láctea (creme de leite, 62 % de gordura, Laticínios Verde Campo, Lavras, Brasil), 11 % de sólidos não gordurosos (leite em pó desnatado, 95 % de sólidos, Cosulati, Pelotas, Brasil; creme de leite, 62 % de gordura, Laticínios Verde Campo, Lavras, Brasil), 12 % de sacarose (Companhia União, São Paulo, Brasil), 4 % de xarope de milho (38 DE, Corn Products, São Paulo, Brasil) e 0,6 % de *mix* de estabilizantes e emulsificantes (Starmix Premium®, Kerry Brasil, Campinas, Brasil). O extrato hidrossolúvel de soja (Provesol ES 60®, Olvebra, Eldorado do Sul, Brasil) foi adicionado à formulação em substituição parcial ao leite em pó desnatado em níveis de substituição de 0, 10, 20 e 30 %.

A produção da mistura base de sorvete foi realizada no Instituto de Laticínios Cândido Tostes – EPAMIG, Juiz de Fora, MG, de acordo com o método proposto por Clarke (2004). Inicialmente, os ingredientes foram dispersos, sob agitação (3500 rpm), na água previamente aquecida a 50 °C com o auxílio de um liquidificador industrial (Refrigas, Bauru, Brasil). O extrato hidrossolúvel de soja foi anteriormente misturado à sacarose e ao *mix* de estabilizantes e emulsificantes para facilitar a solubilização. A mistura foi, então, pasteurizada a 72 °C por 15 minutos e depois homogeneizada em processo de dois estágios (Manton-Gaulin DJ4, Manton-Gaulin Manufacturing Company, Everett, USA) a 17,5 e 3,5 MPa, respectivamente. A temperatura da mistura foi ajustada a 4 °C e mantida nesta temperatura por 24 horas para ser maturada.

Propriedades reológicas

As medidas reológicas foram realizadas por meio de um reômetro rotacional de cilindros concêntricos Brookfield DVIII Ultra (Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, USA), usando-se o adaptador para pequenas amostras 13R/RP (19,05 mm de diâmetro e profundidade de 64,77 mm) e o sensor de cisalhamento coaxial SC4-34 (9,39 mm de diâmetro e 24,23 mm de comprimento). Um banho ultratermostato (Nova Ética, Vargem Grande Paulista, Brasil) foi acoplado ao reômetro, para controlar a temperatura da amostra (5 °C) que foi analisada após o período de maturação. As amostras foram submetidas a uma rampa crescente de taxa de deformação que variou linearmente de 2,52 a 15,96 s⁻¹, durante 14 minutos de ensaio, sendo tomados 17 pontos.

Com os valores de tensão de cisalhamento (τ) e taxa de deformação ($\dot{\gamma}$), foram calculados os parâmetros reológicos pelo modelo da Lei da Potência (Equação 1), utilizando o *software* Reocalc (versão V.3.1, Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, USA) para a captura dos dados.

$$\tau = k \dot{\gamma}^n \tag{1}$$

em que:

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

k = índice de consistência (Pa s)

$\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s⁻¹)

n = índice de comportamento de fluxo

Análise estatística

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições.

Os resultados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as diferenças de médias comparadas com o auxílio do teste de Tukey a 5 % de significância utilizando o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos da substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja, sobre as características de escoamento das misturas base de sorvete, foram analisados mediante parâmetros que caracterizam o comportamento reológico.

Na Figura 1, está representado o reograma que relaciona a tensão de cisalhamento com a taxa de deformação dos diferentes tratamentos.

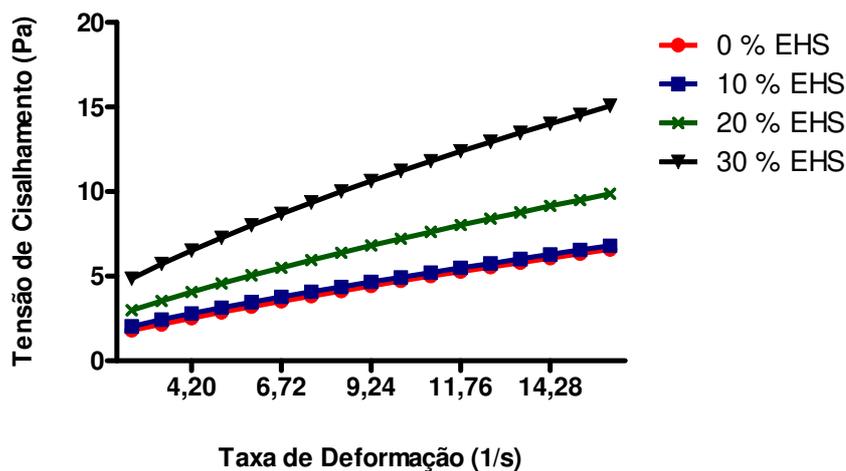


Figura 1 Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da mistura base de sorvete a 5 °C. Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30% de substituição.

Fica evidente uma relação de não linearidade entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação. De acordo com Chhabra & Richardson (2008), esta característica é típica de um comportamento não-Newtoniano pseudoplástico.

Pela Figura 2, pode-se verificar que a viscosidade da mistura base aumenta conforme se eleva o nível de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja. Os tratamentos 0 % EHS e 10 % EHS apresentaram valores de viscosidade próximos.

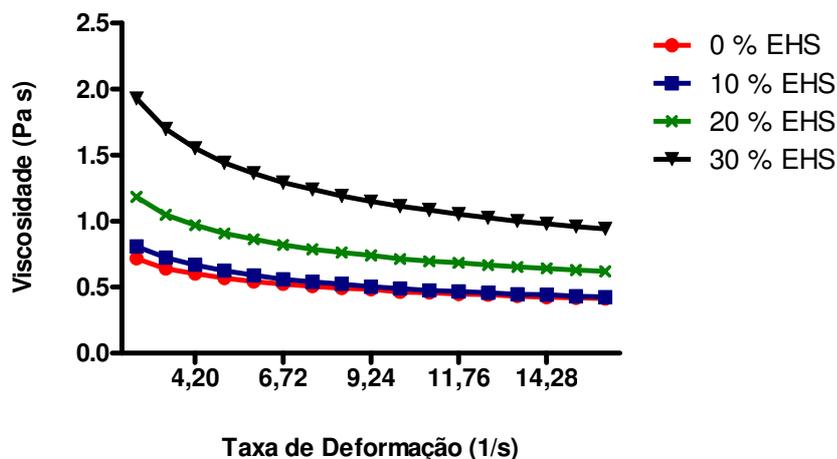


Figura 2 Relação entre a viscosidade e a taxa de deformação da mistura base de sorvete a 5 °C. Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição.

Outro fator que se observa na Figura 2 é o decréscimo da viscosidade aparente à medida que se aumenta a taxa de deformação para todos os tratamentos. De acordo com Vidal-Bezerra (2000), esse comportamento pode ser explicado pela modificação da estrutura das moléculas com o aumento do gradiente de velocidade. Essas cadeias tendem a se alinhar, paralelamente, às linhas de corrente, diminuindo a resistência ao escoamento.

A descrição do comportamento reológico é feita mediante modelos que relacionam a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, sendo o modelo da Lei da Potência o mais utilizado para mistura base de sorvete (BAHRAMPARVAR et al., 2010; KUS et al., 2005; LIM et al., 2008; MUSE & HARTEL, 2004).

Os parâmetros reológicos, obtidos considerando o modelo da Lei da Potência estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1- Parâmetros reológicos da mistura base de sorvete¹.

Tratamento ²	Parâmetros reológicos	
	Índice de consistência, K (Pa s)	Índice de comportamento de fluxo, n
0 % EHS	0,91±14,25 ^a	0,71±0,01 ^c
10 % EHS	1,09±33,86 ^b	0,66±0,01 ^b
20 % EHS	1,60±25,32 ^c	0,66±0,01 ^b
30 % EHS	2,69±80,72 ^d	0,62±0,01 ^a

^{a-d} Valores médios com letras distintas na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$).

¹ Média±desvio padrão.

² Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição.

O nível de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja na mistura base de sorvete influenciou o índice de consistência ($P < 0,05$). Os maiores valores foram obtidos à medida que se aumentou a concentração de extrato de soja na formulação (Tabela 1). O índice de consistência (K) é um parâmetro informativo sobre as propriedades viscosas da mistura, cujos maiores valores de K reportam a misturas base mais viscosas (KARACA et al., 2009).

Uma das principais propriedades funcionais da soja e de seus derivados é a capacidade de interação com a água presente na formulação (ROCCIA et al., 2009). Essa propriedade se deve a alguns constituintes químicos presentes nesse grão, como as proteínas e as fibras (ASSUMPÇÃO, 2008). A capacidade de absorção de água das proteínas está relacionada com a sua composição aminoácídica; estrutura conformacional; grau de desnaturação e/ou agregação e a concentração no produto (AÑÓN et al., 2001).

Añón et al. (2001) observaram que as propriedades reológicas de dispersões proteicas de soja estão associadas à capacidade de absorção de água das proteínas que as compõem. Esses mesmos autores verificaram que isolados proteicos de soja com maior capacidade de reter água (mL de água g⁻¹ de isolado proteico) apresentavam viscosidade aparente mais elevada.

Apesar de ser atribuída às fibras capacidade de absorver água, Dervisoglu & Yazici (2006) verificaram que a adição de fibra cítrica, na formulação de sorvetes, promoveu uma redução na viscosidade da mistura base em relação à mistura padrão (adicionada apenas de estabilizantes comerciais) em diferentes temperaturas. Isto sugere que o principal fator que influenciou o comportamento reológico das misturas base de sorvete foi a capacidade de reter água das proteínas da soja.

Friedeck (2003) pesquisou a influência da substituição parcial da fração de extrato seco desengordurado do leite por isolado proteico de soja na viscosidade de misturas base de sorvete. Notou-se um acréscimo na viscosidade da mistura base conforme se aumentava o nível de substituição, sendo que na mistura base com 0 % de substituição, a viscosidade foi de 0,67 Pa s, enquanto que na mistura base com 4 % de substituição, a viscosidade foi de 16,55 Pa s.

Resultado semelhante foi encontrado por Sutar et al. (2010), ao avaliar a substituição de leite fluido por diferentes variedades de extrato de soja na formulação de sorvete, cujas amostras que

continham extrato de soja apresentaram maiores valores de viscosidade. Esses mesmos autores explicaram que o aumento da viscosidade foi em consequência das propriedades de formação de gel das proteínas da soja.

Pode se observar que os índices de comportamento de fluxo (n) para todos os tratamentos foram menores que 1 (entre 0,62 e 0,71), indicando, portanto, comportamento pseudoplástico (Tabela 1). As características de fluxo das misturas base de sorvete têm sido descritas como pseudoplástico (Akalin et al., 2008; Lim et al., 2008; Muse & Hartel, 2004, Soukoulis et al., 2008). O nível de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja influenciou o valor de n ($P < 0,05$), com exceção dos tratamentos 10 % EHS e 20 % EHS que foram idênticos ($P > 0,05$).

O aumento da concentração de extrato de soja na formulação levou as misturas base de sorvete a apresentarem um comportamento mais pseudoplástico e, portanto, mais afastado de 1 (Tabela 1).

O índice de consistência (K) e o índice de comportamento de fluxo (n), de acordo com a Tabela 1, apresentaram variações opostas em relação ao nível de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja. Com o aumento na concentração de soja na formulação (de 0 % EHS para 30 % EHS), observou-se um acréscimo no valor de K , enquanto que o valor de n reduziu. Segundo Lim et al. (2008), altos valores de K e baixos valores de n predizem uma mistura base de sorvete mais viscosa.

CONCLUSÃO

As misturas base de sorvete demonstraram comportamento reológico pseudoplástico e aquelas que continham extrato hidrossolúvel de soja na formulação apresentaram maiores valores de índice de consistência, em decorrência da capacidade de absorção de água das proteínas que constituem este ingrediente.

REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

AKALIN, A. S.; KARAGÖZLÜ, C.; ÜNAL, G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 227, n. 3, p. 889-895, July 2008.

AÑÓN, M. C.; SORGENTINI, D. A.; WAGNER, J. R. Relationship between different hydration properties of commercial and laboratory soybean isolates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 10, p. 4852-4858, Oct. 2001.

ASSUMPÇÃO, G. M. P. **Viabilidade tecnológica do uso de extrato hidrossolúvel de soja na fabricação de iogurte**. 2008. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

BAHRAMPARVAR, M.; RAZAVI, S. M. A.; KHODAPARAST, M. H. H. Rheological characterization and sensory evaluation of a typical soft ice cream made with selected food hydrocolloids. **Food Science and Technology International**, London, v. 16, n. 1, p. 79-88, Feb. 2010.

BUFFO, R. A.; REINECCIUS, G. A. Modeling the rheology of concentrated beverage emulsions. **Journal of Food Engineering**, London, v. 51, n. 4, p. 267-272, Mar. 2002.

CHHABRA, R. P.; RICHARDSON, J. F. **Non-Newtonian flow and applied rheology: engineering applications**. 2. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008. 518 p.

CLARKE, C. **The science of ice cream**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2004. 187 p.

- DERVISOGLU, M.; YAZICI, F. The effect of citrus fibre on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. **Food Science and Technology International**, London, v. 12, n. 2, p. 159-164, Apr. 2006.
- FRIEDECK, K. G. **Soy protein fortification of a low fat dairy-based ice cream**. 2003. 89 p. Thesis (Master Science in Food Science) -North Carolina State University, Raleigh, 2003.
- KARACA, O. B.; GÜVEN, M.; YASAR, K.; KAYA, S.; KAHYAOGLU, T. The functional, rheological and sensory characteristics of ice cream with various flat replacers. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 62, n. 1, p. 93-99, Feb. 2009.
- KUS, S.; ALTAN, A.; KAYA, A. Rheological behavior and time-dependent characterization of ice cream mix with different salep content. **Journal of Texture Studies**, Trumbull, v. 36, n. 3, p. 273-288, June 2005.
- LIM, S. Y.; SWANSON, B. G.; ROSS, C. F.; CLARK, S. High hydrostatic pressure modification of whey protein concentrate for improve body and texture of lowfat ice cream. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 4, p. 1308-1316, Apr. 2008.
- MARTÍNEZ, K. D.; CARRERA SÁNCHEZ, C.; RODRIGUEZ PATINO, J. M.; PILOSOFF, A. M. R. Interfacial and foaming properties of soy protein and their hydrolysates. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 23, n. 8, 2149-2157, Dec. 2009
- MUSE, M. R.; HARTEL, R. W. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 1, p. 1-10, Jan. 2004.
- PEDNEKAR, M.; DAS, A. K.; RAJALAKSHMI, V.; SHARMA, A. Radiation processing and functional properties of soybean (*Glycine max*). **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 79, n. 4, p. 490-494, April, 2010.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2007.
- ROCCIA, P.; RIBOTTA, P. D.; PÉREZ, G. T.; LÉON, A. E. Influence of soy protein on rheological properties and water retention capacity of wheat gluten. **Food Science and Technology**, San Diego, v. 42, n. 1, p. 358-362, Jan. 2009.
- SOFJAN, R. P.; HARTEL, R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, Barking, v. 14, n. 3, p. 255-262, Mar. 2004
- SOUKOULIS, C.; CHANDRINOS, I.; TZIA, C. Study of functionality of selected hydrocolloids and their blends with κ -carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. **Food Science and Technology**, San Diego, v. 41, n. 10, p. 1816-1827, Dec. 2008.
- SUTAR, N.; SUTAR, P.; SINGH, G. Evaluation of different soybeans varieties for manufacture of soy ice cream. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 63, n. 1, p. 136-142, Feb. 2010.
- VIDAL-BEZERRA, J. R. M. **Comportamento reológico da polpa de manga**. 2000. 159 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.