

AVALIAÇÃO DE TEXTURA DO DOCE DE GOIABA E DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DAS FORMULAÇÕES

Denise Dantas de Oliveira Alencar¹; Jamilly Salustiano Ferreira¹; Agdylannah Felix Vieira²; Charles Diego de Lima Lemos³; Renata Duarte Almeida⁴

¹Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos - CTRN – UFCG; E-mail: denisedantas.d@gmail.com; ¹Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos - CTRN – UFCG; E-mail: jamillysalustiano@gmail.com; ²Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos - CTRN – UFCG; E-mail: agdylana@hotmail.com; ³Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos - CTRN – UFCG; E-mail: charles_lemos17@hotmail.com; ⁴Engenheira Agrícola do Curso de Engenharia de Engenharia de Alimentos – CTRN – UFCG; E-mail: renatadual@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

A goiaba é uma fruta típica dos climas tropicais e subtropicais, procedente da goiabeira (*Psidium guajava* L.), ela destaca-se devido às suas características de sabor e aroma acentuado, assim como pelo seu alto valor nutritivo, sendo considerada uma rica fonte de vitamina C, com teores superiores aos dos frutos cítricos, possuindo também elevado conteúdo de açúcares, vitaminas A e B, como a tiamina e a niacina, além de conter bons teores de fósforo, ferro e cálcio (PEREIRA & KAVATI, 2011).

Além do consumo *in natura*, a goiaba possui uma ampla utilização na preparação de doces, geleias e sucos, que consiste no produto resultante do processamento adequado das partes comestíveis desintegradas da goiaba com açúcares, com ou sem adição de água, pectina, ajustador do pH, e aditivos permitidos para obter consistência de corte.

Dentre as frutas tropicais é a mais utilizada para a produção de doces, que é um dos mais importantes produtos industrializados da fruta possuindo grande variedade de formulações, que consequentemente geram produtos com características diferentes, sendo uma das mais notáveis a textura, sendo assim, se faz necessário análises para a determinação de um grau de padronização satisfatório ao produto (ALMEIDA *et al.*, 2009).

O estudo das características reológicas de um material, é essencial para o controle de qualidade, avaliação de vida de prateleira, desenvolvimento de novos produtos e no desenvolvimento de projetos, tubulações, sistemas de bombeamento, agitação e mistura. (LEITE *et al.*, 2004).

O presente trabalho teve como objetivo determinar as propriedades reológicas de duas diferentes formulações de doces de goiaba, nas temperaturas de 10, 15, e 20°C, aplicar os modelos reológicos de Ostwald-de-Waele (Lei-da-Potência) e Casson, elaborar e avaliar o perfil de textura do doce de corte.

METODOLOGIA

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Propriedades Físicas do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus de Campina Grande, PB. Para a elaboração das formulações do doce de corte utilizou-se goiabas e açúcar cristal adquiridas no mercado local da cidade. As goiabas foram lavadas, sanitizadas e descascadas de forma manual. Em seguida, os pedaços foram triturados em um liquidificador de 600W de potência, e com o objetivo de separar as sementes da polpa utilizou-se peneiras.

As formulações utilizadas para no estudo reológico, foram preparadas nas porções de: Formulação 1: 50% de polpa, 50% de açúcar e Formulação 2: 40% de polpa, 60% de açúcar.

O comportamento reológico das formulações foi determinado utilizando-se um viscosímetro Brookfiel modelo RV (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Stoughton, EUA). As medidas foram efetuadas nas temperaturas de 10, 15 e 20 °C, em triplicata.

De acordo com os valores de torque e viscosidade aparente, fornecidos pelo viscosímetro, foram calculados as tensões de cisalhamento e taxas de deformação, conforme a metodologia prevista por Mitschka (1982).

Para o ajuste das curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação, com a finalidade de descrever o comportamento reológico das duas formulações para a elaboração dos doces de corte, foram utilizados os modelos matemáticos de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência) e Casson (Tabela 1). A determinação dos parâmetros dos modelos matemáticos, foi realizada através do programa computacional Statística versão 7.0, por regressão não-linear e método de Quase-Newton.

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para descrever o comportamento reológico das formulações para a elaboração do doce de goiaba

Modelo	Equação
Ostwald-de-Waele	$\tau = \kappa\dot{\gamma}^n$
Casson	$\tau^{1/2} = K_{oc} + K_c\dot{\gamma}^{1/2}$

O critério para determinação do melhor ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, foi o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado pela equação 1, dada a seguir.

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{exp} - X_{teor})|}{X_{exp}} \quad (1)$$

Em que:

P - desvio percentual médio (%); X_{exp} – valores obtidos experimentalmente; X_{teor} – valores preditos pelo modelo; n – número de dados experimentais.

Para a realização do perfil de textura foi obtido o doce de corte, por meio do cozimento de cada formulação em cerca de 10 min de fogo baixo. Após a elaboração do doce, as amostras foram cortadas em tamanho de 7,0 x 6,5 x 0,4 cm e avaliadas instrumentalmente.

Na avaliação de textura, utilizando-se o texturômetro TATX plus- Stable Micro Systems, com o auxílio do Probe P36R. Os parâmetros utilizados foram: velocidade pré-teste = 2,00 mm/s; velocidade de teste = 5,00 mm/s; velocidade pós-teste = 5,00 mm/s e distância = 20,0 mm. As leituras dos atributos de textura foram: firmeza, adesividade, coesividade, gomosidade, elasticidade, mastigabilidade, onde cada medição foi realizada em duplicatas.

Com os dados obtidos na textura, realizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com comparação entre médias pelo teste de Tukey, para analisar os mesmos, utilizou-se o programa computacional Assistat versão 7.6 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os parâmetros dos modelos de Casson e Ostwald-de-Waele das Formulações 1 e 2 para a elaboração do doce, nas temperaturas de 10, 15 e 20°C.

Tabela 2– Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvio percentual médio (P) do modelo reológico Casson e Ostwald-de-Waele para a formulação 1 (50% polpa de goiaba e 50% açúcar).

Modelo	Parâmetros				
	Temperatura (°C)	K_{oc}	Kc	R^2	P(%)
Casson	10	65,09583	3,058679	0,99652	0,799
	15	50,16030	2,798163	0,98451	1,800
	20	44,15206	2,161549	0,99220	1,164
	Temperatura (°C)	K	n	R^2	P(%)

Ostwald-de- Waele	10	21,57413	0,585672	0,99807	0,5576
	15	16,92534	0,610813	0,99478	1,078
	20	14,69471	0,591548	0,99568	0,923

Tabela 3 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvio percentual médio (P) do modelo reológico Casson e Ostwald-de-Waele para a formulação 2 (40% polpa de goiaba e 60% açúcar).

Modelo	Parâmetros				
	Temperatura (°C)	K_{0C}	Kc	R^2	P(%)
Casson	10	53,14566	3,270479	0,99936	0,296
	15	52,14018	1,626561	0,99799	1,250
	20	41,69321	1,247042	0,97662	1,740
Ostwald-de- Waele	Temperatura (°C)	K	n	R^2	
	10	17,46393	0,636902	0,99682	0,739
Waele	15	17,73123	0,513271	0,98422	1,486
	20	14,56124	0,499679	0,99202	1,052

No modelo de Casson observa-se a diminuição na viscosidade plástica (Kc) entre as temperaturas iniciais e finais nas duas formulações estudadas. Pereira et al. (2012) em seu estudo com polpa de goiaba cv. Paluma a 8 °Brix obteve com a elevação da temperatura um aumento na viscosidade plástica e com a polpa a 10 °Brix o coeficiente de viscosidade plástica (Kc) não demonstrou influência da temperatura. O coeficiente de determinação (R^2) apresentou valores satisfatórios, próximos ou superiores a 0,99 e desvio percentual médio (P) menor que 1,8%, o que configura um bom ajuste aos modelos matemáticos aplicados.

Grangeiro et al. (2007), estudando o comportamento reológico da polpa do figo da índia, observaram, de maneira geral, diminuição dos valores do parâmetro K_{0C} com o aumento da temperatura, e aumento desses valores com a elevação da concentração, o que foi também observado neste estudo, os maiores valores deste parâmetro foi obtido na formulação com maior concentração de polpa.

No modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da potência), observa-se que os valores do índice de consistência (k) se reduzem da menor temperatura de estudo 10°C para a maior 20°C, o mesmo efeito foi observado por Pereira et al. (2012) com polpa de goiaba e Ferreira et al. (2002) trabalhando com polpa de cajá.

O índice de comportamento do fluido (n), obteve-se valores inferiores a 1 em todas as temperaturas, identificando um comportamento pseudoplástico, esse valor quando comparado com

outros parâmetros reológicos é somente influenciado levemente com o aumento da temperatura segundo, Krokida et al. (2001).

Nas figuras 1 a 4 encontram-se os dados experimentais de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para os dados reométricos da formulação 1 e 2, com ajuste pelos modelos de Casson e Ostwald-de-Waele.

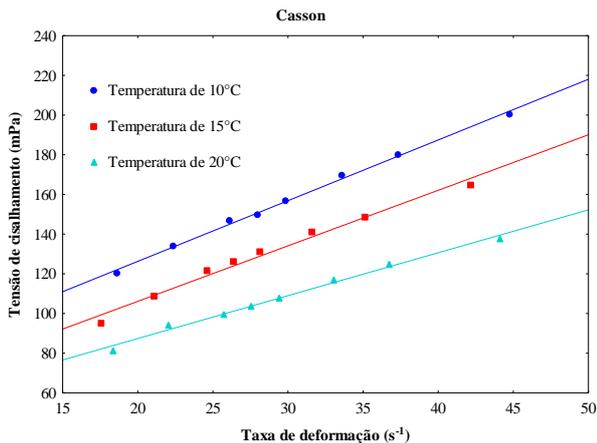


Figura 1 - Dados de tensão de cisalhamento em função de taxa de deformação da Formulação 1 com ajustes pelo modelo de Casson.

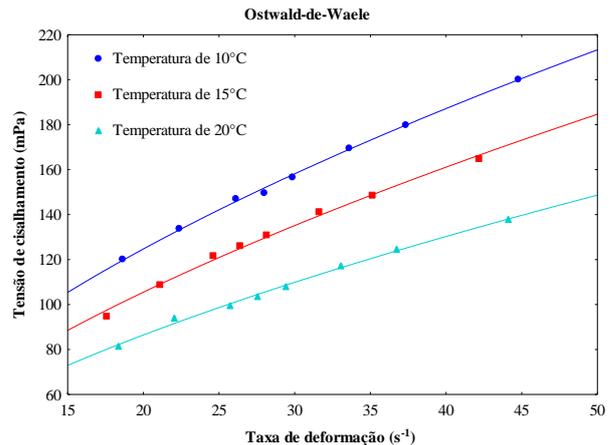


Figura 2 – Dados da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação da Formulação 1 com ajustes pelo modelo de Ostwald-de-Waele.

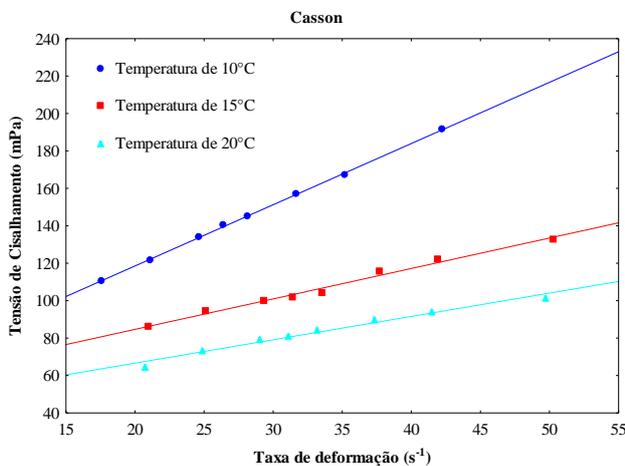


Figura 4 - Dados de tensão de cisalhamento em função de taxa de deformação da Formulação 2 com ajustes pelo modelo de Casson.

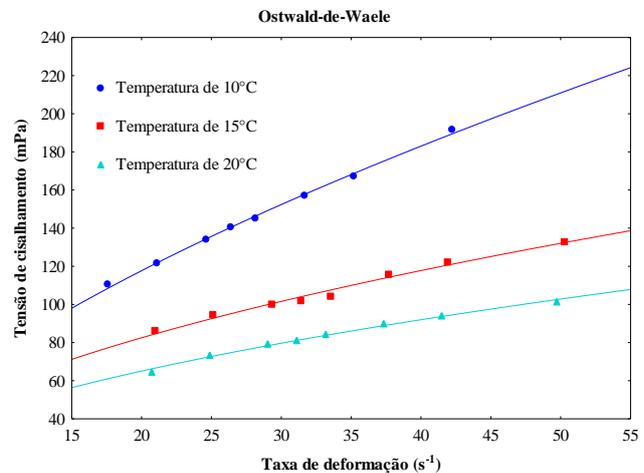


Figura 5 – Dados da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação da Formulação 2 com ajustes pelo modelo de Ostwald-de-Waele.

As curvas apresentam-se em posições claramente distintas e as amostras em temperaturas mais baixas apresentam maiores viscosidades, efeito esperado em polpas de frutas.

Vários relatos são encontrados na literatura mostrando que as polpas de frutas comportam-se como fluidos não-Newtonianos, com comportamento pseudoplástico. Pelegrine et al. (2002) determinaram que as polpas de abacaxi e manga são fluidos pseudoplásticos, a medida que suas viscosidades aparentes diminuem com um aumento na taxa de cisalhamento e por apresentarem índice de comportamento menor que a unidade.

Segundo Pelegrine (1999) um dos fatores que mais afetam a viscosidade das polpas de frutas é a temperatura, visto que a maior parte das polpas possui sólidos dispersos em meios líquidos e um aumento de temperatura nesse caso faz com que a viscosidade da fase líquida diminua, gerando um aumento do movimento das partículas em suspensão, conseqüentemente, diminuindo a viscosidade da polpa.

Avaliação de textura

Na tabela 4 encontra-se os resultados da avaliação do perfil de textura para os doces de corte sabor goiaba (D1 e D2), elaborados com as formulações estudadas F1, F2 e de uma marca comercial.

Tabela 4 - Resultados da avaliação do perfil de textura de doce de goiaba

Doce	Firmeza	Coesividade	Adesividade	Gomosidade	Mastigabilidade
D1	59.24900 ^b	0.37417 ^a	3.88667 ^b	21.04367 ^b	21.04200 ^b
D2	367.67630 ^a	0.49157 ^a	10.55933 ^a	181.00000 ^a	180.94670 ^a
C	74.20467 ^b	0.48633 ^a	4.27667 ^b	34.33500 ^b	34.34100 ^b
DMS	52.57411	0.26824	0.81590	42.49284	42.42949
CV%.	12.56	23.75	5.22	21.52	21.50

D1 – Doce de corte elaborado com a formulação 1 (50% polpa de goiaba e 50% açúcar); D2 – Doce de corte elaborado com a formulação 2 (40% polpa de goiaba e 60% açúcar); C – Doce de goiaba comercial; DMS - Diferença mínima significativa; CV – Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Observa-se na Tabela 4 que o parâmetro de firmeza dos doces D1 e D2 estatisticamente diferem entre si. A amostra D2 apresentou valores superiores a D1, este fato pode estar relacionado à etapa de cocção/concentração e pela maior quantidade de açúcar presente na amostra D2. Pode-se observar ainda que entre os parâmetros avaliados a amostra D1 foi a que mais se aproxima aos parâmetros do doce de corte comercial. Segundo Glicksman (1969), o aumento no teor de sólidos solúveis afeta a textura do doce, onde a redução do teor de água aumenta a rigidez da estrutura.

O parâmetro de coesividade das amostras estudadas não apresentaram diferença significativa e se assemelham aos de Oliveira et al. (2009) para doce de banana em massa que variaram entre 0,39 a 0,43.

CONCLUSÃO

As duas formulações de polpa de goiaba com o açúcar (50% polpa e 50% açúcar e 40% polpa e 60% açúcar), apresentaram comportamento não newtoniano, pseudoplástico. Os modelos matemáticos utilizados para ajuste dos dados experimentais, modelo de Casson e Ostwald-de-Waele, apresentaram curvas bem distintas para as formulações F1 e F2, com coeficiente de determinação (R^2) superiores a 0,90 e desvio percentual médio (P) inferior a 1,8%, se ajustando bem ao processo reológico. Observou-se ainda que as amostras em temperaturas mais baixas apresentaram maiores viscosidade. Com relação a análise de textura, o doce de goiaba elaborado com a Formulação 1, apresentou características semelhantes ao doce de corte comercial, não havendo diferença significativa entre essas amostras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. L.; RAMOS, A. M.; BIONTTI, M. L.; CHAUCA, M. C.; STRINGHETA, P. C. Análise de perfil de textura e aceitabilidade sensorial de goiabadas desenvolvidas com diferentes edulcorantes. *Ceres*, v. 56, n. 6, p. 697-704, 2009.
- FERREIRA, G.M.; QUEIROZ, A.J.M.; CONCEIÇÃO, R.S.; GASPARETTO, C.A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. *Revista de Ciências Exatas e Naturais*, v.4, n.2, 175-184, 2002.
- GLICKSMAN, M. **Gum technology in the food industry**. New York: Academic, 1969. 189p.
- GRANJEIRO, A.A.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; CAVALCANTI-MATA, M.E.R.M.C. Viscosidades de polpas concentradas de figo-da-índia. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.13, n.2, p.219-224, 2007.
- KROKIDA, M. K.; MAROULIS, Z. B.; SARAVACOS, G .D. Rheological properties of fluid fruit and vegetable puree products: compilation of literature data. *International Journal of Food Properties*, , v. 4, n. 2, 179-200, 2001.
- LEITE, J. T. C.; PARK, K. J.; RAMALHO, J. R. P.; FURLAN, D. M. Caracterização reológica das diferentes fases de extrato de inulina de raízes de chicória, obtidas por abaixamento de temperatura. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 202-210, 2004.
- MITSCHKA P. Simple conversion of Brookfield R.V.T. readings into viscosity functions. *Rheologica Acta*, 1982, 21, 207–209.

OLIVEIRA, L. F.; BORGES, S. V.; NASCIMENTO, J.; CUNHA, A. C.; JESUS, T. B.; PEREIRA, P. A. P.; PEREIRA, A. G. T.; FIGUEIREDO, L. P.; VALENTE, W. A.. Utilização de casca de banana na fabricação de doces de banana em massa – avaliação da qualidade. **Alimentos e Nutrição**, V. 20, n. 4. Araraquara, 2009.

PELEGRINE, D. H. Comportamento reológico das polpas de manga e abacaxi. 1999. 115f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PEREIRA, F.M.; KAVATI, R. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.especial, p.92-108, 2011.

PEREIRA, N. J. L., QUEIROZ A. J. M., FIGUEIRÊDO, R. M. F., NUNES, J. T., GOMES, J. P. Comportamento reológico de polpa de goiaba cv. Paluma. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.14, n. Especial, p.479-496, 2012 ISSN 1517-8595.

PELEGRINE, D. H., SILVA, F. C., & GASPARETTO, C. A. Rheological behavior of pineapple and mango pulps, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie—Food Science and Technology*, 35, 645–648, 2002.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat – statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, 2009. **Anais...** Reno: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.