

Efeito da temperatura no comportamento reológico de néctares mistos de caju, manga e acerola

The effect of temperature on rheological behavior of cashew apple, mango and acerola mixed nectars

Larissa Morais Ribeiro da Silva^[a], Geraldo Arraes Maia^[b], Paulo Henrique Machado de Sousa^[c], Marcos Rodrigues Amorim Afonso^[d], Maria Leônia da Costa Gonzaga^[e], Jéssica Silva do Carmo^[f]

^[a] Engenheira de Alimentos, doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE - Brasil, e-mail: larissamrs@yahoo.com.br

^[b] Engenheiro agrônomo, PhD em Ciência dos Alimentos, professor emérito do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE - Brasil, e-mail: gmaia@secrel.com

^[c] Químico, doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, professor do Instituto de Cultura e Arte, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE - Brasil, e-mail: phenriquemachado@gmail.com

^[d] Engenheiro de Alimentos, doutor em Engenharia de Alimentos, professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE - Brasil, e-mail: m.ra.afonso@gmail.com

^[e] Farmacêutica, bolsista Programa Nacional de Pós-doutorado (PNDD), Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE - Brasil, e-mail: leonia_gonzaga@yahoo.com.br

^[f] Acadêmica do curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE - Brasil, e-mail: jezik_sc@hotmail.com

Resumo

Este trabalho teve como objetivo estudar o comportamento reológico de néctares mistos de caju, manga e acerola nas temperaturas de 8, 15, 25, 35 e 45 °C. Foi utilizado para coleta dos dados experimentais um reômetro rotacional de cilindros concêntricos tipo Searle da Brookfield, modelo R/S plus SST 2000. Os dados foram ajustados ao modelo de Ostwald-de-Waelle. O efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente dos néctares foi descrito mediante uma equação análoga à de Arrhenius. As formulações apresentaram comportamento não newtoniano e caráter pseudoplástico, para todas as temperaturas estudadas. Com o aumento da temperatura houve uma tendência a menor ajuste dos dados reológicos ao modelo de Ostwald-de-Waelle. A formulação 1 apresentou redução do índice de consistência com aumento da temperatura, comportamento contrário ao observado para as formulações 2, 4 e 9. As demais formulações apresentaram comportamento não característico.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*, (L.). *Mangifera indica*, (L.). *Malpighia emarginata*, DC.
Comportamento reológico. Efeito da temperatura.



Abstract

The purpose of this work was to study the rheological behavior of cashew apple, mango and acerola mixed nectars in five different temperatures (8, 15, 25, 35 and 45 °C). It was utilized a rotational rheometer of concentric cylinders type Searle Brookfield, model R/S plus SST 2000. The data were adjusted to the Ostwald-the-Waelle model. The effect of temperature on apparent viscosity was expressed by an equation similar to Arrhenius. For all the temperatures studied, the formulations presented a non-Newtonian behavior and pseudoplastic character. It was observed a tendency to low rheological data adjustment for the Ostwald-de-Waelle model. When the temperatures increase, it was also observed a reduction of consistency index for formulation 1. On the other hand, formulations 2, 4 and 9 presented an opposite behavior. The other formulations studied did not present typical behavior.

Keywords: *Anacardium occidentale, (L.). Mangifera indica, (L.). Malpighia emarginata DC. Rheological behavior. Effect of temperature.*

Introdução

Os mercados nacional e internacional apresentam uma demanda crescente para o consumo de frutas e derivados. Os sucos de frutas são fontes de compostos que apresentam influência positiva na saúde humana (KIM et al., 2010; RAMADAN-HASSANIEN, 2008), reduzindo o risco de várias doenças, além de proporcionarem ao consumidor sabor e aroma agradáveis (CASWELL, 2009; HASSIMOTTO et al., 2009).

Dessa forma, atualmente, bebidas de frutas com novos sabores e aromas naturais estão sendo elaboradas, tendo suas propriedades físicas estudadas, em todo o mundo, sendo consideradas tendências de consumo.

A indústria de sucos de frutas tem tido a preocupação em melhorar e automatizar a produção desses produtos. Durante o processamento, eles são submetidos a operações unitárias tais como bombeamento, transferência de calor, evaporação, secagem e pulverização e são trabalhados em uma variedade de concentração e temperatura. Para ter adequada operação e controle, o conhecimento das propriedades reológicas é de fundamental importância (CABRAL et al., 2007; GRANJEIRO et al., 2007). O estudo do comportamento reológico consiste em aplicar uma força na amostra a ser investigada e medir sua deformação, ou aplicar uma deformação e medir sua resistência ao escoamento.

No Brasil, são poucos os trabalhos realizados a fim de determinar o comportamento reológico de néctares mistos de frutas tropicais. O desconhecimento desses dados poderá levar as indústrias a aplicarem, no processamento desses produtos, condições semelhantes às utilizadas para néctares de frutas temperadas,

o que poderá acarretar em erros no desenvolvimento do produto e processos. Considerando essa deficiência, este trabalho teve como objetivo analisar o comportamento reológico de néctares mistos de caju, manga e acerola, verificando a influência da temperatura sobre esse comportamento, de forma a aperfeiçoar o processo industrial desses produtos, aumentando a sua qualidade e reduzindo os custos industriais.

Materiais e métodos

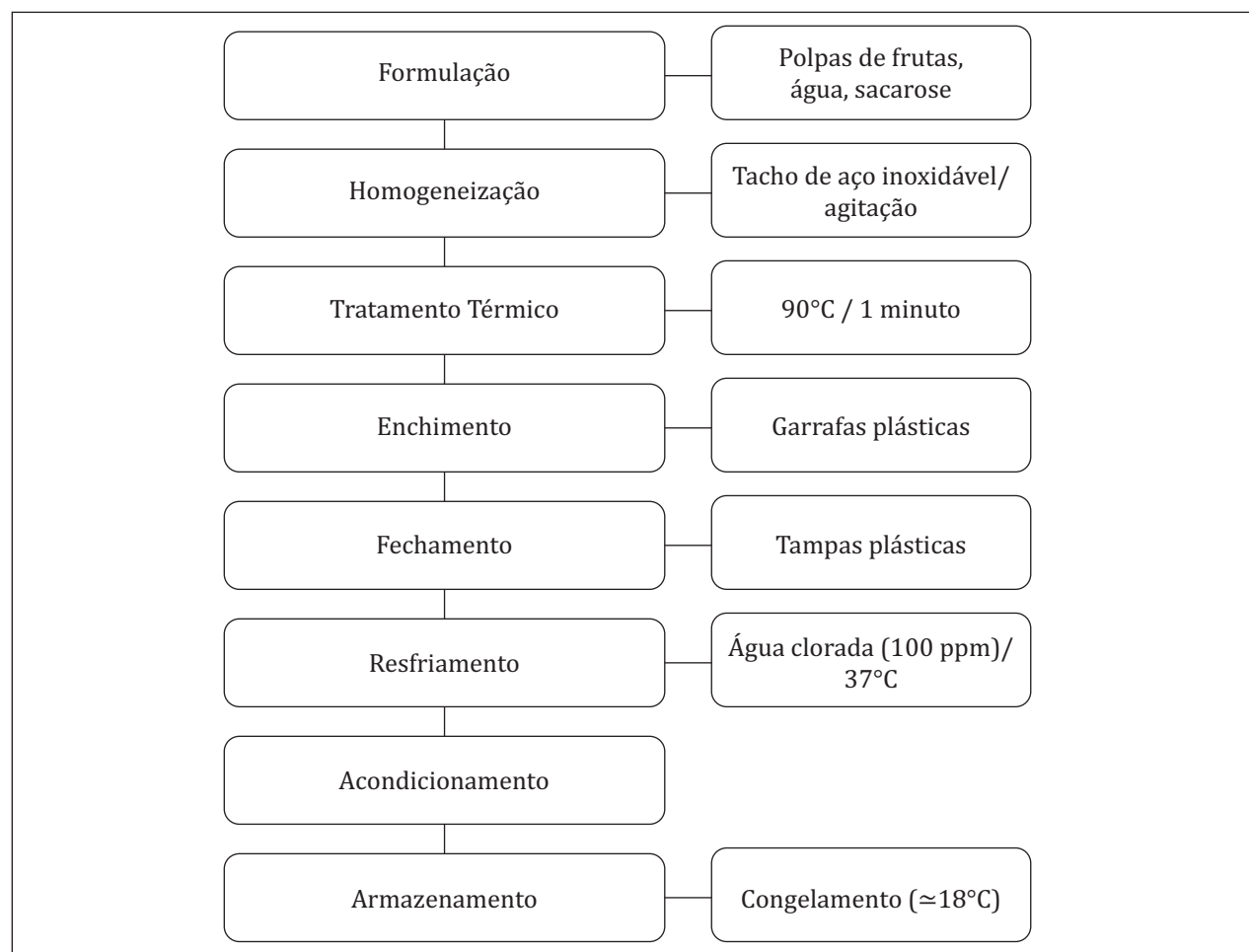
As polpas de caju, manga e acerola foram pesadas de acordo com as proporções estabelecidas para cada néctar (Tabela 1), realizando-se um balanço de massa, em que foram adicionados sacarose e água mineral até obtenção de uma bebida com 35% de polpa e 11° Brix, conforme preconizado pela legislação brasileira para néctares de frutas tropicais (BRASIL, 2003).

Cada formulação foi submetida a um tratamento térmico de pasteurização, em tanque aberto de aço inoxidável, à temperatura de 90°C por um minuto, com constante agitação, sendo realizado, em seguida, o enchimento em garrafas plásticas (visando à facilidade no transporte das amostras para realização das análises reológicas). As garrafas foram invertidas por um período de 3min com a finalidade de proporcionar um tratamento térmico à superfície interna das tampas. Após esse procedimento, as garrafas foram imediatamente resfriadas em banho de gelo com água clorada até atingirem temperatura ambiente, conforme observado na Figura 1.

Tabela 1 - Delineamento simples centroide para 10 tratamentos para formulações de néctares mistos de caju, manga e acerola

Formulação	Pseudocomponentes			Componentes originais		
	Caju	Manga	Acerola	Caju	Manga	Acerola
1	90	5	5	31,5	1,8	1,8
2	5	90	5	1,8	31,5	1,8
3	5	5	90	1,8	1,8	31,5
4	47,5	47,5	5	16,6	16,6	1,8
5	47,5	5	47,5	16,6	1,8	16,6
6	5	47,5	47,5	1,8	16,6	16,6
7	33,3	33,3	33,3	11,7	11,7	11,7
8	61,67	19,17	19,17	21,6	6,7	6,7
9	19,17	61,67	19,17	6,7	21,6	6,7
10	19,17	19,17	61,67	6,7	6,7	21,6

Fonte: Dados da pesquisa.

**Figura 1** - Fluxograma do processamento dos néctares mistos

Fonte: Dados da pesquisa.

Tendo em vista o alto teor de fibras encontrado na polpa de caju, para a realização das análises reológicas, inicialmente, todas as formulações (após descongelamento) foram submetidas a um homogeneizador marca OMNI, a 10000 rpm por um minuto, a fim de diminuir o tamanho das partículas. A rotação e o tempo utilizados para esse tratamento foram determinados por meio de testes preliminares.

As medidas foram feitas a 8, 15, 25, 35 e 45 °C, ajustadas por meio de um banho termostático marca Brookfield, modelo TC-502, acoplado ao equipamento.

O comportamento reológico dos néctares mistos foi determinado por um reômetro rotacional de cilindros concêntricos tipo Searle da Brookfield, modelo R/S plus SST 2000, sendo utilizado o sensor DG-DIN. As análises reológicas foram obtidas com variação da taxa de deformação de 108 a 500 s⁻¹ (curva ascendente) e de 500 a 108 s⁻¹ (curva descendente), com um tempo de 1min e leitura de 25 pontos para cada curva. As leituras foram feitas em triplicata e em cada medida foi utilizada uma nova amostra.

Os dados obtidos na reometria foram ajustados ao modelo matemático de Ostwald-de-Waele (1) e a viscosidade aparente (η_a) foi calculada pela Equação (2), utilizando o Programa Statistical Analysis System (SAS[®]).

$$\tau = K(\dot{\gamma})^n \quad (1)$$

$$\eta_a = K(\dot{\gamma})^{n-1} \quad (2)$$

Em que: τ - tensão de cisalhamento (Pa), K - índice de consistência (Pa.s), $\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s⁻¹) e n - índice de comportamento (adimensional).

A taxa de deformação utilizada para o cálculo da viscosidade aparente foi de 100 s⁻¹, que representa na média, a taxa de deformação mínima de bombeamento de fluidos em tubulações industriais (BEZERRA, 2000).

O efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente dos néctares foi descrito mediante uma equação análoga à de Arrhenius (3).

$$\eta_a = \eta_0 \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3)$$

Em que: η_a - viscosidade aparente (Pa.s), η_0 - parâmetro da equação (Pa.s), E_a - energia de ativação para escoamento viscoso (kJ.gmol⁻¹), R - constante dos gases (8,314 J.gmol⁻¹.K⁻¹), T - temperatura absoluta (K).

A equação de Arrhenius indica a dependência da viscosidade aparente com a temperatura. A ordem de grandeza da energia de ativação mostra a dependência da viscosidade com a temperatura, sendo que o aumento da temperatura provoca um efeito de decréscimo da viscosidade (SILVA, 2000).

Resultados e discussão

A avaliação do índice de comportamento (n) dos fluidos é de fundamental importância na reologia de alimentos, pois, a partir desse parâmetro, é possível classificar o tipo de fluido e, conseqüentemente, prever seu comportamento frente às diferentes operações unitárias presentes na indústria. Todas as formulações analisadas apresentaram índice de comportamento (n) menor que a unidade (Tabela 2), sendo caracterizadas como fluidos pseudoplásticos, cujos valores reduziram com o aumento da temperatura para a maioria das formulações (2, 3, 4, 6, 7, 9 e 10). Dessa forma, com o aumento da taxa de deformação, foi observado diminuição da viscosidade aparente (Gráfico 1).

Branco e Gasparetto (2003) identificaram comportamento pseudoplástico para misturas ternárias de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura, pelo modelo de Ostwald-de-Waele. Relacionando com os dados da atual pesquisa, pode-se identificar como aspecto em comum a riqueza em fibras dos frutos envolvidos, propriedade que parece definir o comportamento reológico dessas amostras. De acordo com Sugai (2002), as polpas de frutas, dispersões de moléculas ou partículas assimétricas, apresentam no repouso um estado desordenado e quando submetidas a uma tensão de cisalhamento, suas moléculas ou partículas tendem a orientar-se na direção da força aplicada. Quanto maior a força aplicada, maior será a ordenação e, conseqüentemente, menor a viscosidade aparente. Como a viscosidade aparente das polpas de frutas decresce com o aumento da tensão de cisalhamento, estas são classificadas como fluidos pseudoplásticos. Tal comportamento também pode ser observado para os néctares mistos avaliados neste estudo.

Silva et al. (2012) avaliaram o comportamento reológico de polpas de caju, manga e acerola, caracterizando-as com comportamento não newtoniano e caráter pseudoplástico, comportamento semelhante ao observado no presente estudo.

É interessante a comparação entre o comportamento reológico das polpas de caju, manga e acerola e dos néctares mistos, que, apesar de apresentarem em sua constituição um teor de polpa de apenas 35%, apresentaram comportamento reológico semelhante às polpas de fruta, quando analisadas separadamente, em relação ao índice de comportamento.

Com o aumento da temperatura, houve uma tendência a menor ajuste dos dados reológicos ao modelo de Ostwald-de-Waele, de forma que a 35 °C, as formulações 4, 5 e 7 não apresentaram ajustes significativos e com o aumento da temperatura para 45 °C, apenas as formulações 1 e 6 apresentaram ajustes significativos ($p \leq 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros do modelo de Ostwald-de-Waele para néctares mistos de caju, manga e acerola a diferentes temperaturas

Néctar		8 °C	15 °C	25 °C	35 °C	45 °C
1	K	0,1311 ± 0,004	0,096 ± 0,002	0,0922 ± 0,003	0,0756 ± 0,004	0,0513 ± 0,004
	n	0,6189 ± 0,005	0,6342 ± 0,004	0,6084 ± 0,005	0,6115 ± 0,009	0,6373 ± 0,013
	R ²	0,991	0,992	0,999	0,997	0,9930
2	K	0,1089 ± 0,020	0,1108 ± 0,027	0,1246 ± 0,003	0,1431 ± 0,013	2,0617 ± 0,380
	n	0,6199 ± 0,031	0,5963 ± 0,041	0,5732 ± 0,005	0,5045 ± 0,016	0,0649 ± 0,0328
	R ²	0,956	0,926	0,999	0,981	0,1138
3	K	0,0970 ± 0,003	0,0836 ± 0,004	0,081 ± 0,003	0,1062 ± 0,010	0,4840 ± 0,1073
	n	0,6397 ± 0,006	0,6371 ± 0,008	0,6160 ± 0,006	0,5424 ± 0,0168	0,2846 ± 0,039
	R ²	0,9985	0,998	0,999	0,984	0,722
4	K	0,1211 ± 0,033	0,1434 ± 0,014	0,2939 ± 0,044	2,4408 ± 0,6013	9,1092 ± 2,3047
	n	0,6461 ± 0,047	0,5906 ± 0,017	0,4485 ± 0,026	0,080733 ± 0,044	-0,1417 ± 0,046
	R ²	0,914	0,986	0,948	0,084	0,2554
5	K	0,1206 ± 0,021	0,1526 ± 0,035	0,1025 ± 0,015	0,6029 ± 0,354	1,0028 ± 0,519
	n	0,6113 ± 0,029	0,5423 ± 0,039	0,5789 ± 0,026	0,2505 ± 0,103	0,1667 ± 0,091
	R ²	0,961	0,908	0,966	0,171	0,099
6	K	0,1140 ± 0,009	0,1058 ± 0,006	0,1019 ± 0,004	0,1587 ± 0,019	1,1754 ± 0,219
	n	0,6261 ± 0,013	0,6147 ± 0,009	0,5926 ± 0,007	0,4953 ± 0,021	0,1606 ± 0,033
	R ²	0,993	0,996	0,998	0,968	0,507
7	K	0,1160 ± 0,004	0,1113 ± 0,007	0,2191 ± 0,035	0,9343 ± 0,886	5,7032 ± 1,100
	n	0,6286 ± 0,005	0,6089 ± 0,011	0,4725 ± 0,028	0,2329 ± 0,167	-0,088 ± 0,035
	R ²	0,999	0,994	0,939	0,042	0,182
8	K	0,1732 ± 0,019	0,1435 ± 0,013	0,1961 ± 0,018	0,6856 ± 0,155	4,4213 ± 1,235
	n	0,5754 ± 0,018	0,5783 ± 0,015	0,5017 ± 0,016	0,2667 ± 0,039	-0,044 ± 0,050
	R ²	0,982	0,987	0,985	0,638	-0,012
9	K	0,0903 ± 0,002	0,0923 ± 0,004	0,1231 ± 0,008	0,4985 ± 0,092	3,5503 ± 0,5979
	n	0,6449 ± 0,004	0,6206 ± 0,008	0,5639 ± 0,0108	0,2935 ± 0,003	-0,025 ± 0,030
	R ²	0,999	0,997	0,994	0,798	-0,015
10	K	0,0782 ± 0,003	0,0733 ± 0,004	0,0869 ± 0,005	0,3447 ± 0,068	3,6519 ± 0,864
	n	0,6627 ± 0,007	0,6483 ± 0,008	0,5971 ± 0,011	0,3435 ± 0,034	-0,047 ± 0,042
	R ²	0,998	0,997	0,995	0,825	0,007

Legenda: K = índice de consistência (Pa.s), n = índice de comportamento, R² = coeficiente de determinação.

Fonte: Dados da pesquisa.

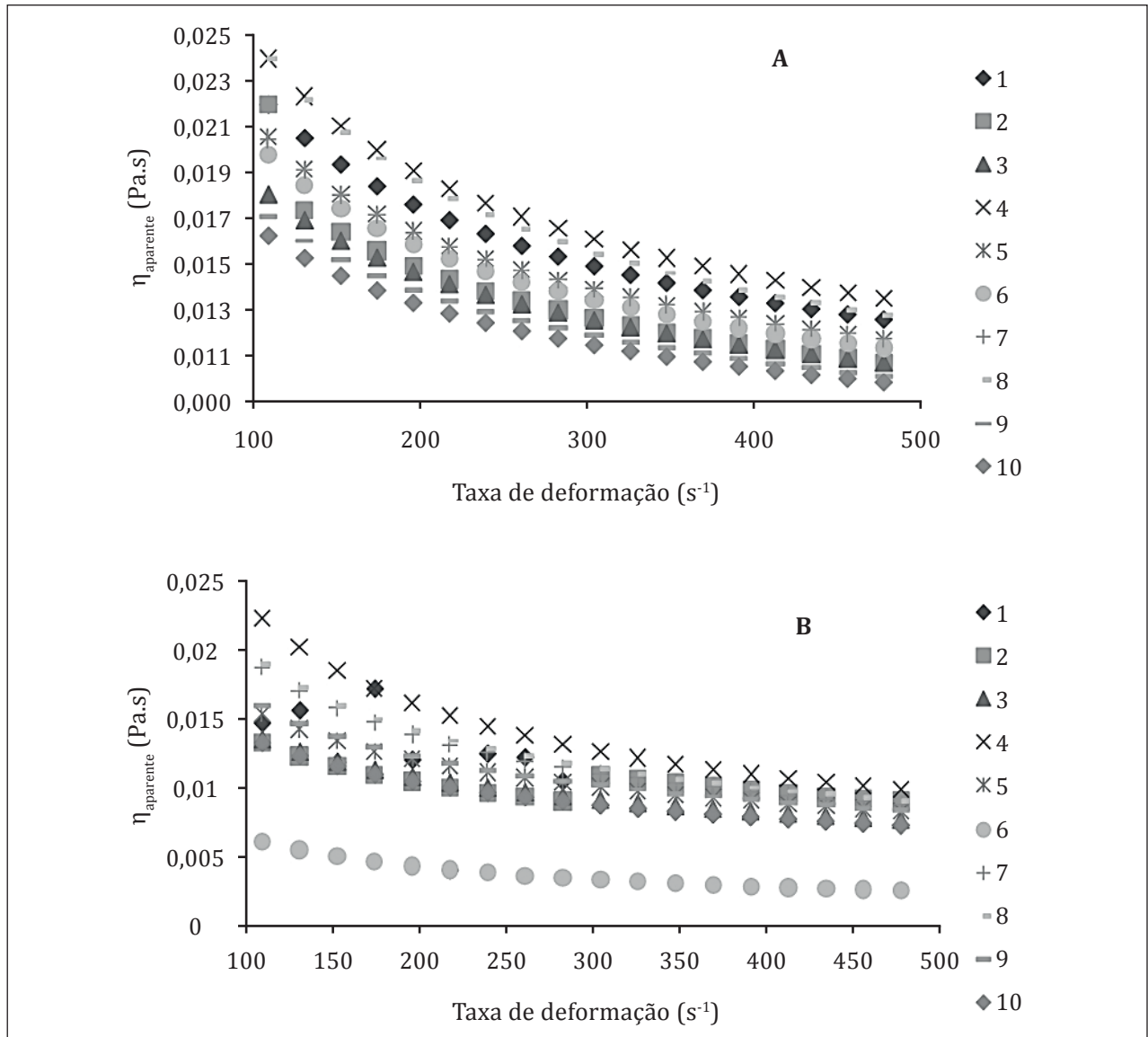


Gráfico 1 - Relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação para as temperaturas de 8 °C e 25 °C

Legenda: A) Relação entre viscosidade aparente (Pa.s) e taxa de deformação (s⁻¹) de néctares mistos de caju, manga e acerola, a 8 °C. B) Relação entre viscosidade aparente (Pa.s) e taxa de deformação (s⁻¹) de néctares mistos de caju, manga e acerola, a 25 °C.

Fonte: Dados da pesquisa.

A característica fibrosa das polpas de caju e manga pode explicar o comportamento reológico observado para as formulações. Esse comportamento ajuda a explicar a escassez de trabalhos científicos envolvendo polpa de caju, sendo necessária a elaboração de novos modelos matemáticos ou novas metodologias de análise para melhor compreensão do comportamento reológico desses produtos. Ferreira et al. (2002) analisaram reologicamente polpa de caju a diferentes temperaturas e verificaram que o produto apresentou um comportamento reológico que

não pode ser descrito adequadamente pelos modelos reológicos atuais.

Para a formulação 1, verificou-se que, com o aumento da temperatura, houve uma redução do índice de consistência (K). Esse comportamento era esperado para todas as amostras, pois, em temperaturas mais elevadas, o produto tende a se tornar menos consistente. Na formulação 1, a propriedade fibrosa da polpa de caju está em destaque, uma vez que, dentre as formulações, é a que apresenta maior teor. Provavelmente, a pouca influência das fibras

das demais polpas proporcionaram maior liberdade de movimento das estruturas fibrosas, conferindo menor consistência ao produto. Alguns autores têm observado maiores índices de consistência em temperaturas mais baixas. Vandressen et al. (2009), analisando os parâmetros reológicos de suco de cenoura, através do modelo de Ostwald-de-Waelle, utilizando as temperaturas de 8 °C e 25 °C, observaram que, para a temperatura de 8 °C, as amostras apresentaram maiores índices de consistência e comportamento.

Silva et al. (2005) analisaram o comportamento reológico do suco de acerola em concentrações de sólidos solúveis de 4 - 16 °Brix e, no intervalo de temperatura de 5 a 85 °C, constataram um forte comportamento não Newtoniano com características pseudoplásticas.

Com exceção da formulação 1, as demais formulações apresentaram maior índice de consistência (K) a 45 °C, com destaque para a formulação 4, com K em torno de 9,0; sendo a mesma rica em polpas de caju e manga. A variação nos valores de K observada para as outras formulações pode ser decorrente das diferentes proporções das polpas que constituem, individualmente, os néctares mistos. A menor proporção de polpa de acerola, a menos fibrosa das polpas trabalhadas, pode responder pelo menor aumento de K a 45 °C, observado para a formulação 3. A possível perda de compostos voláteis, bem como modificações estruturais de substâncias, ocorridas ao longo do aquecimento, são fatos que podem ser considerados na justificativa do aumento do índice de consistência das amostras estudadas.

As formulações 3 e 6 apresentaram diminuição do índice de consistência (K) até 25 °C, apresentando aumento do valor desse índice a partir de 35 °C. Para os néctares mistos 7, 8 e 10, a redução do valor de K ocorre até 15 °C com aumento a partir dos 25 °C. Com exceção da formulação 8, os demais néctares citados têm importante participação da polpa de acerola, cuja reduzida característica fibrosa pode responder pela tendência ao aumento estabelecido do valor de K. As reduções de valores observados até determinadas temperaturas são decorrentes, certamente, da organização dos sistemas em análise, considerando, como já exposto, perda de voláteis, modificações químicas e decomposições.

Pode-se considerar que o modelo estudado pode ser utilizado para descrever o comportamento

reológico dos néctares mistos de caju, manga e acerola, para as temperaturas de 8, 15 e 25 °C, pois apresentou bons ajustes aos dados experimentais, apresentando R^2 próximos à unidade ($R^2 > 0,908$), indicando forte correlação para os parâmetros tensão de cisalhamento e taxa de deformação.

Tendo em vista a falta de ajuste obtida para as temperaturas de 35 e 45 °C, a relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação foi analisada graficamente apenas para as temperaturas de 8 °C (Gráfico 1A) e 25 °C (Gráfico 1B). A análise para essas temperaturas é importante, pois representam as temperaturas de refrigeração e acondicionamento, respectivamente, desses produtos.

Observou-se que as curvas de viscosidade aparente, em relação à taxa de deformação dos néctares, para ambas as temperaturas (8 e 25 °C), descrevem comportamento pseudoplástico, confirmando as análises anteriores (comportamentos descritos pelo modelo de Ostwald-de-Waelle apresentaram índice de comportamento inferior à unidade para todas as formulações estudadas). Tal comportamento era esperado, pois os néctares apresentaram-se como pseudoplásticos e, nesses fluidos, o aumento da taxa de deformação acarreta na diminuição da viscosidade aparente do produto. Esse comportamento também foi relatado em estudo realizado por Holdsworth (1971).

Na Tabela 3, pode-se observar que o modelo de Arrhenius pode ser utilizado para descrever o efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente das formulações 1 e 4, visto que o modelo apresentou bons valores de coeficiente de determinação ($R^2 > 0,8256$) para essas formulações. As demais formulações (2, 3, 5, 6, 7, 9 e 10) não puderam ser descritas pelo modelo, pois não apresentaram ajustes significativos.

Conclusões

As formulações apresentaram comportamento não newtoniano e caráter pseudoplástico, para todas as temperaturas estudadas. Com o aumento da temperatura houve uma tendência a menor ajuste dos dados reológicos ao modelo de Ostwald-de-Waelle.

A formulação 1 apresentou redução do índice de consistência, enquanto as formulações 2, 4 e 9 apresentaram aumento desse índice, com aumento da

Tabela 3 - Viscosidade aparente (η_a) e energia de ativação (E_a), na taxa de deformação de 100 s^{-1} obtidos pela equação de Arrhenius

Néctar	η_a	E_a	R^2
1	0,000022 \pm 0,000012	1940,605 \pm 152,20	0,9839
2	0,341831 \pm 0,8991	-861,07 \pm 792,40	0,0111
3	0,006861 \pm 0,0120	248,3144 \pm 517,6	-0,2468
4	39,6743 \pm 63,8159	-2156,52 \pm 492,20	0,8256
5	103,9522 \pm 329,40	-2466,95 \pm 972,8	0,5790
6	0,062698 \pm 0,1413	-359,31 \pm 674,3	-0,2314
7	1,18484 \pm 8,4392	-1225,31 \pm 21,55	-0,2355
8	305,1713 \pm 1260,1	-2797,71 \pm 1271,8	0,4761
9	5,983579 \pm 13,0577	-1707,39 \pm 664,40	0,5677
10	6,836273 \pm 18,8592	-1780,29 \pm 840,60	0,4372

Fonte: Dados da pesquisa.

temperatura. As demais formulações apresentaram comportamento não característico, sendo observado aumento seguido de redução e posterior aumento (formulação 5) ou diminuição seguida de aumento do índice de consistência, com o aumento da temperatura (formulações 3, 6, 7, 8 e 10). A polpa de caju proporcionou redução no índice de consistência, com o aumento da temperatura, quando predominante na formulação. Porém, quando associada com a polpa de manga, resultou no maior valor para esse índice.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e Programa Nacional de Pós-doutorado (CNPq - PNPd), pelo suporte financeiro. Ao professor Afonso Mota Ramos, pela viabilização do reômetro e colaboração na análise dos dados experimentais.

Referências

BEZERRA, J. R. M. V. **Comportamento da polpa de manga**. 2000. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Comportamento reológico de suco de laranja concentrado congelado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 2, p. 173-178, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 12, de 4 de setembro de 2003. Regulamento Técnico para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais para Suco Tropical e de outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília - DF, Ed. n. 174 de 9 de setembro de 2003.

CABRAL, R. A. F. et al. Rheological and thermophysical properties of blackberry juice. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 589-596, 2007. doi:10.1590/S0101-2061200700030002.

CASWELL, H. The role of fruit juice in the diet: an overview. **Nutrition Bulletin**, v. 34, n. 3, p. 273-288, 2009. doi:10.1111/j.1467-3010.2009.01760.x.

FERREIRA, G. M. et al. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 2, p. 175-184, 2002.

GRANJEIRO, A. A. et al. Viscosidades de polpas concentradas de Figo-da-Índia. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 2, p. 219-224, 2007.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant capacity of Brazilian fruit, vegetables and commercially-frozen fruit pulps. **Journal Food Composition and Analysis**, v. 22, n. 5, p. 394-396, 2009.

- HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behavior of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, v. 2, n. 4, p. 393-418, 1971. doi:10.1111/j.1745-4603.1971.tb00589.x.
- KIM, H. et al. Antioxidant and antiproliferative activities of mango (*Mangifera indica* L.) flesh and peel. **Food Chemistry**, v. 121, n. 2, p. 429-436, 2010. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.12.060.
- RAMADAN-HASSANIEN, M. F. Total antioxidant potential of juices, beverages and hot drinks consumed in Egypt screened by DPPH in vitro assay. **Grasas y aceites**, v. 59, n. 3, p. 254-259, 2008.
- SILVA, L. M. R. et al. Estudo do comportamento reológico de polpas de caju (*Anacardium occidentale*, L.), acerola (*Malpighia emarginata*, D.C.) e manga (*Mangifera indica*, L.). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 237-248, 2012. doi:10.5433/1679-0359.2012v33n1p237.
- SILVA, F. C.; GUIMARAES, D. H. P.; GASPARETTO, C. A. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 121-126, 2005. doi:10.1590/S0101-20612005000100020.
- SILVA, F. C. **Reologia do suco de acerola: efeito da concentração e da temperatura**. 2000. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- SUGAI, A. Y. **Processamento descontínuo de purê de manga (*Mangifera indica* Linn.), variedade Haden: estudo da viabilidade do produto para pronto consumo**. 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- VANDRESSEN, S. et al. Temperature effect on the rheological behavior of carrot juices. **Journal of Food Engineering**, v. 92, n. 3, p. 269-274, 2009. doi:10.1016/j.jfoodeng.2008.11.010.

Recebido: 07/06/2011

Received: 06/07/2011

Aprovado: 06/08/2012

Approved: 08/06/2012