

VISCOSIDADES DE POLPAS CONCENTRADAS DE FIGO-DA-ÍNDIA

VISCOSITIES OF CACTUS PEAR CONCENTRATED PULPS

Antonio Alberto Grangeiro¹, Alexandre José de Melo Queiroz², Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo², Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcante Mata²

RESUMO

A fruticultura tropical se destaca como um dos segmentos mais promissores da agricultura praticada no semi-árido brasileiro. A exploração de novas espécies vem ao encontro desse potencial, onde se justifica o objetivo deste trabalho no qual foram estudadas as viscosidades de polpas de figo-da-índia (*Opuntia ficus-indica* Mill.) concentradas de 16, 19, 22, 25 e 28°Brix, em temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60°C. As polpas foram concentradas, congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a -20°C. Após degelo, as viscosidades das amostras foram determinadas em viscosímetro Brookfield, modelo RVT, em oito velocidades de deformação. Os dados experimentais de viscosidade aparente em função da temperatura foram ajustados pela equação de Arrhenius. Todas as amostras apresentaram comportamento não-newtoniano do tipo pseudoplástico e as viscosidades aparentes decresceram com a elevação da temperatura. A equação do tipo Arrhenius mostrou-se adequada para predições de viscosidade aparente em função da temperatura.

Palavras-chave: *Opuntia ficus-indica* Mill., frutas, processamento.

ABSTRACT

Tropical fruit crops outstands as one of the most promising segments of the agriculture practiced in the Brazilian semi-arid region. The cultivation of new fruits justifies the objective of this study in which the viscosities of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.) concentrated at 16, 19, 22, 25 and 28°Brix, and temperatures at 10, 20, 30, 40, 50 and 60°C were studied. The pulps were concentrated, subjected to ultra-fast freezing in liquid nitrogen and stored at -20°C. After defrosted, the samples were subjected to viscometer measurements (Brookfield viscometer, model RVT), in eight rotation speeds. The experimental data of apparent viscosity as a function of the temperature were fitted by Arrhenius equation. All the samples presented non-Newtonian and pseudoplastic behavior. The apparent viscosities decreased with increase in temperature. The Arrhenius equation was appropriate for predictions of apparent viscosity as a function of temperature.

Key words: *Opuntia ficus indica* Mill., fruit processing.

INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil, região de clima semi-árido, com baixos índices pluviométricos, solos rasos e pedregosos, impõe condições limitantes à exploração de atividades agrícolas de ciclo anual. Em algumas microrregiões a escassez de água restringe, até mesmo, o uso da irrigação, onde a dificuldade para o uso dessa prática se dá inclusive pela ocorrência de águas com índice de salinidade impróprio para uso em cultivos. A exploração agrícola nessas condições deve se deter no estudo de culturas adaptadas a essas limitações, destacando-se a produção de frutas tropicais, atividade que se beneficia do clima quente e da pequena amplitude térmica ao longo do ano, respondendo com qualidade e produtividade.

Dentre as espécies frutíferas que se constituem em alternativa econômica para o semi-árido brasileiro e que podem contribuir para o desenvolvimento da região, destaca-se o figo-da-índia ou fruto da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.), planta da família das cactáceas, excepcionalmente adaptada às condições edafo-climáticas locais. Essa cultura é produzida na região para exploração dos cladódios ou "raquetes", como ração animal. A palma, como é mais conhecida, vegeta perfeitamente no clima semi-árido brasileiro e produz, assim, forragem e frutos, mesmo em anos com menores índices pluviométricos. De acordo com BARBERA (2001) são grandes produtores os estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas. Todavia, a produção de frutas nesses estados é considerada de menor importância. No entanto, a grande capacidade de adaptação da *Opuntia ficus-indica* a diferentes condições edafo-climáticas permite sua exploração a partir de plantações no sudeste do país para produção de frutos, que são exportadas para a Europa, nos meses de março e abril.

A cadeia iniciada na produção do figo-da-índia deve visar, desde o início, à incorporação de valor a matéria-prima por meio de agroindústrias capazes de beneficiar, processar e diversificar ao máximo a oferta de derivados. O processamento contribui, em particular, para aumentar seu consumo, uma vez que o manuseio do fruto *in natura* se apresenta problemático devido à presença em sua casca de pelos lignificados, capazes de perfurar a pele humana. Além disso, os mercados atuais demandam alimentos que além de qualidade, apresentem praticidade de consumo e formas variadas de apresentação, onde no caso das frutas podem ser citados as polpas ou purês, néctares, sucos, compotas, sorvetes, doces, etc.

Consumidores mais exigentes e com maior poder de compra têm estimulado estudos com vistas ao aperfeiçoamento dos processos e melhorias da qualidade dos produtos agrícolas, resultando na adaptação de sistemas e equipamentos industriais. No processamento industrial de polpas, doces e demais derivados de frutas em estado fluido ou pastoso, os estudos das propriedades reológicas têm aplicação fundamental. De acordo com SARAVACOS (1970) as características viscosas dos fluidos alimentícios se correlacionam com a sua qualidade, com a percepção sensorial dos consumidores e também são fundamentais para o processamento de alimentos, projeto e avaliação de equipamentos como bombas, tubulações, trocadores de calor, evaporadores, esterilizadores, filtros e misturadores. Assim, trabalhos que estudam as características reológicas específicas de frutas regionais trazem significativa contribuição à fruticultura local, fornecendo informações fundamentais, voltadas para investimentos no segmento agroindustrial.

Sucos e polpas de frutas fazem parte, na maioria dos casos, do grupo de alimentos fluidos que não tem

¹ Eng. Agrônomo, Mestre, UFCG

² Prof. Adjunto, Dr. UFCG. Rua Aprígio Veloso, 882, Cx. Postal 10.017. Agência Universitária, CEP 58109-970 PB. e-mail:alex@deag.ufcg.edu.br

comportamento reológico simples, do tipo newtoniano, ou seja, apresentam viscosidades independentes da taxa de deformação e da tensão de cisalhamento e variáveis com a temperatura (PELEGRINE et al., 2002). Nos materiais citados predominam comportamentos não newtonianos, com a resistência ao escoamento expressa em termos de viscosidade aparente, definida como a relação instantânea entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, ou seja, a derivada da função viscosidade em cada ponto. Parcela significativa de derivados de frutas apresenta comportamento pseudoplástico (CABRAL et al., 2002; SUGAY et al., 2002; SILVA et al., 2005; VIDAL et al., 2006), sendo considerado o mais comum.

A concentração de polpas de frutas tem como principal vantagem a redução de volume em relação à quantidade de princípios ativos, sejam estes de ordem nutricional ou sensorial. Com isto, se consegue reduzir custos de transporte, embalagem e armazenamento. Pode-se citar ainda a redução na atividade de água, favorecendo a conservação do produto. O grau de concentração das polpas do ponto de vista industrial tem como prioridades o custo energético, o tempo gasto no processo e a qualidade final obtida, que variam com o tipo de matéria-prima. Neste trabalho, as concentrações utilizadas foram escolhidas em função de um produto final com pouca alteração em termos de aparência e odor em relação à polpa integral. Em se tratando de temperaturas a faixa utilizada de 10 a 60°C cobre um intervalo que abrange desde temperaturas ambiente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil na estação fria até temperaturas utilizadas em processamento térmico brando (50 e 60°C).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de se estudar a hipótese de pseudoplasticidade e da relação entre temperatura e resistência ao escoamento em polpas de figo-da-índia por meio da determinação das viscosidades aparentes nas concentrações de 16, 19, 22, 25 e 28°Brix, nas temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60°C.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

Utilizou-se como matéria-prima figos-da-índia colhidos em zona rural inserida na microrregião semi-árida do Cariri paraibano, a cerca de 35 km a sudoeste de Campina Grande, PB.

Os frutos colhidos foram conduzidos até o laboratório, onde foi procedida uma seleção das frutas, escolhendo-se as de melhor aparência, sem danos físicos e em estágio de maturação variando de meio-maduro a maduro. A seguir, foram lavados em água corrente, imersos em solução de hipoclorito de sódio a 20 ppm durante 15 minutos e, atingido esse tempo, enxaguados em água corrente.

O descascamento foi manual, utilizando-se faca de aço inoxidável, cortando-se as frutas nas extremidades basal e apical e em seguida ao longo do eixo longitudinal, para a extração da polpa.

O despulpamento foi realizado em despulpadeira mecânica horizontal de batelada, da marca Laboremus modelo DF – 200, provida de tela crivada com furos de 2,5mm de diâmetro.

As polpas de figo-da-índia foram concentradas em temperatura de 60°C até atingir os teores de sólidos solúveis totais de 16, 19, 22, 25 e 28 °Brix obtidos em evaporador

rotativo da marca QUIMIS, modelo Q-344B2, equipado com uma bomba a vácuo da mesma marca, modelo Q-355D2.

As polpas foram embaladas em sacos de polietileno de baixa densidade, contendo 500 g cada unidade. Foram utilizados sacos duplos a fim de garantir sua integridade sob temperatura criogênica, os quais foram fechados com arame flexível revestido, próprio para fechamento de embalagens, à pressão ambiente.

As amostras embaladas foram submetidas a congelamento ultra-rápido, por meio da imersão em nitrogênio líquido, à temperatura de -196°C.

As amostras congeladas foram armazenadas em freezer horizontal a uma temperatura aproximada de -20°C, de onde foram sendo retiradas para a determinação dos dados reológicos.

Para realização dos ensaios de obtenção das medidas reológicas, foram utilizadas polpas de figo-da-índia, concentradas a 16, 19, 22, 25 e 28°Brix. Com um viscosímetro da marca Brookfield, modelo RVT, foram realizadas leituras de torque nas velocidades de rotação de 0,5, 1,0, 2,5, 5,0, 10, 20, 50 e 100 rpm, tendo cada ensaio duração de 30 segundos. As determinações foram realizadas em seis repetições, com as polpas nas temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60°C, mantidas em banho termostático com circulação forçada de água.

As viscosidades aparentes foram determinadas por conversão direta da leitura de torque, seguindo procedimento descrito no manual do equipamento.

As viscosidades aparentes e a comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade foram realizadas utilizando-se o programa computacional ASSISTAT, versão 7.1 (SILVA & AZEVEDO, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 a 5 são apresentadas as viscosidades aparentes da polpa de figo-da-índia nas concentrações de 16, 19, 22, 25 e 28°Brix, nas diferentes temperaturas e velocidades de rotação dos spindles.

Por meio de análise estatística a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey mostrada nas Tabelas 1 a 5, observam-se reduções de viscosidade aparente em todas as temperaturas, a medida em que se aumenta a velocidade. Embora essas reduções tenham sido consistentes e constatadas entre todas as amostras, inclusive as subsequentes, apresentaram maior magnitude nas velocidades de rotação mais baixas em todas as concentrações avaliadas, e em tal progressão que entre as rotações de 50 e 100 rpm, apesar das reduções se manterem, não diferiram estatisticamente. EVANGELISTA et al. (2003), estudando viscosidades de polpas de umbu (*Spondias tuberosa*) em seis concentrações e velocidades de deformação de 1, 10 e 20 rpm, reportaram comportamento semelhante, com as maiores reduções percentuais de viscosidade ocorrendo entre 1 e 10 rpm.

Entre temperaturas, têm-se reduções das viscosidades em todos os casos na medida em que as amostras foram aquecidas, porém de maneira mais pronunciada em velocidades mais baixas, o que se confirma pela maior frequência de diferenças estatisticamente significativas observada nesses casos. HAMINIUK et al. (2006) estudaram o efeito da temperatura na viscosidade da polpa de araçá integral (11,4°Brix) e observaram que as viscosidades diminuem com o aumento da temperatura entre 10 e 50°C. BRANCO & GASPARETTO (2003) estudando o comportamento reológico de misturas ternárias de manga,

laranja e cenoura, verificaram que na taxa de deformação de 50 s^{-1} , entre as temperaturas de 10 e 60°C ocorreu diferença de 32,43% na viscosidade aparente, quantificando neste patamar a influência da temperatura sobre a viscosidade. Reduções de viscosidade com o aquecimento também são reportadas em FERREIRA et al. (2002) em estudo reológico de polpas de caju e goiaba. ASSIS et al. (2005) estudaram amostras de suco de cajá nas temperaturas de 0 a 60°C e concentrações de 7,8 a 30°Brix , verificando reduções na viscosidade aparente com o aumento da concentração e com o aumento da taxa de cisalhamento. HERNANDEZ et al. (1995) ao estudaram as mudanças na viscosidade aparente de suco de laranja ultrafiltrado e evaporado em altas concentrações, em uma taxa de deformação de 100 s^{-1} , constataram diminuição da viscosidade aparente com a diminuição da concentração e o aumento da temperatura, porém, para as menores concentrações a influência da temperatura foi pouco ou nada significativa. TORRES et al. (2004) observaram redução da viscosidade com o aumento

da temperatura e da rotação ao estudarem a viscosidade aparente de polpas de umbu-cajá (*Spondias spp.*), em diversas velocidades de deformação, nas temperaturas de 10 a 60°C .

As reduções de viscosidade com o aumento da velocidade de rotação e conseqüente aumento da taxa de deformação caracterizam a polpa de figo-da-índia como fluido pseudoplástico. As maiores reduções de viscosidade aparente entre as rotações mais baixas indicam provavelmente o pouco alinhamento inicial das fibras da polpa com o escoamento. Nas rotações mais elevadas as fibras já estariam completamente alinhadas com o fluxo, e o aumento na velocidade do escoamento não teria sua influência incrementada por este efeito. As reduções de viscosidade aparente com o aumento da temperatura são atribuídas ao aumento das distâncias intermoleculares provocadas pelo aquecimento. O aumento das distâncias reduz as forças atrativas entre as moléculas, elevando a fluidez.

Tabela 1 – Valores médios das viscosidades aparentes (Pa s) da polpa de figo-da-índia, na concentração 16°Brix , nas temperaturas de 10 a 60°C .

Rotação (rpm)	Temperatura ($^\circ\text{C}$)					
	10	20	30	40	50	60
0,5	10,60 aA	10,27 aA	9,67 aB	9,07 aC	8,53 aD	8,07 aE
1,0	5,87 bA	5,60 bAB	5,43 bB	4,97 bC	4,77 bC	4,40 bD
2,5	3,23 cA	3,12 cA	3,03 cA	2,61 cB	2,37 cBC	2,12 cC
5,0	2,08 dA	1,95 dA	1,85 dAB	1,75 dAB	1,60 dBC	1,30 dC
10	1,32 eA	1,27 eAB	1,20 eAB	1,15 eAB	1,08 eAB	0,96 dB
20	0,84 fA	0,80 fA	0,75 fA	0,70 fA	0,63 fA	0,57 eA
50	0,45 gA	0,42 gA	0,4 fgA	0,37 fgA	0,36 fgA	0,33 eA
100	0,31 gA	0,29 gA	0,26 gA	0,26 gA	0,25 gA	0,24 eA

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo;

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

DMS colunas = 0,36; DMS linhas = 0,34; MG = 2,70 Pa s; CV% = 7,63.

Tabela 2 – Valores médios das viscosidades aparentes (Pa s) da polpa de figo-da-índia, na concentração de 19°Brix , nas temperaturas de 10 a 60°C .

Rotação (rpm)	Temperatura ($^\circ\text{C}$)					
	10	20	30	40	50	60
0,5	15,60 aA	14,40 aB	13,60 aC	12,87 aD	12,13 aE	11,20 aF
1,0	10,60 bA	9,63 bB	8,63 bC	7,63 bD	7,13 bE	6,17 bF
2,5	6,39 cA	5,79 cB	4,93 cC	4,13 cD	3,75 cE	3,47 cE
5,0	4,02 dA	3,81 dA	3,43 dB	2,80 dC	2,37 dD	2,21 dD
10	2,36 eA	2,26 eA	2,15 eAB	1,79 eBC	1,51 eCD	1,36 eD
20	1,36 fA	1,31 fAB	1,28 fABC	1,12 fABC	0,97 fBC	0,91 fC
50	0,67 gA	0,65 gA	0,62 gA	0,59 gA	0,51 gA	0,47 gA
100	0,47 gA	0,45 gA	0,44 gA	0,37 gA	0,34 gA	0,31 gA

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação e DMS: Desvio mínimo significativo;

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

DMS colunas = 0,40; DMS linhas = 0,38; MG = 4,19 Pa s; CV% = 5,40.

Tabela 3 – Valores médios das viscosidades aparentes (Pa s) da polpa de figo-da-índia, na concentração de 22°Brix, nas temperaturas de 10 a 60 °C.

Rotação (rpm)	Temperatura (°C)					
	10	20	30	40	50	60
0,5	24,33 aA	23,67 aA	22,33 aB	21,67 aB	20,67 aC	20,00 aC
1,0	16,00 bA	15,42 bA	13,92 bB	13,25 bBC	12,83 bCD	12,25 bD
2,5	8,73 cA	8,33 cAB	7,97 cB	6,97 cC	6,67 cCD	6,03 cD
5,0	5,53 dA	5,38 dA	5,20 dAB	4,57 dBC	4,15 dCD	3,88 dD
10	3,70 eA	3,64 eAB	3,51 eAB	3,00 eBC	2,76 eC	2,50 eC
20	2,39 fA	2,32 fA	2,11 fA	1,93 fA	1,78 fA	1,73 fA
50	1,14 gA	1,12 gA	1,06 gA	0,97 gA	0,94 gA	0,91 gA
100	0,69 gA	0,67 gA	0,64 gA	0,61 gA	0,59 gA	0,58 gA

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo;

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

DMS colunas = 0,72; DMS linhas = 0,68; MG = 6,90 Pa s; CV% = 5,95.

Tabela 4 – Valores médios das viscosidades aparentes (Pa s) da polpa de figo-da-índia, na concentração de 25°Brix, nas temperaturas de 10 a 60°C.

Rotação (rpm)	Temperatura (°C)					
	10	20	30	40	50	60
0,5	40,33 aA	30,67 aB	28,17 aC	26,83 aD	25,83 aE	25,17 aE
1,0	21,50 bA	20,67 bA	17,08 bB	16,50 bBC	16,00 bCD	15,50 bD
2,5	10,00 cA	10,90 cA	8,97 cB	8,37 cBC	7,87 cC	7,40 cC
5,0	6,40 dAB	7,32 dA	6,50 dAB	5,88 dBC	5,27 dC	5,17 dC
10	4,42 eAB	4,93 eA	4,32 eAB	3,92 eB	3,71 eB	3,60 eB
20	3,10 fA	2,96 fA	2,64 fA	2,44 fA	2,36 fA	2,32 fA
50	1,65 gA	1,40 gA	1,31 gA	1,23 gA	1,20 gA	1,16 gA
100	1,03 gA	0,81 gA	0,76 gA	0,73 gA	0,71 gA	0,70 gA

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo;

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

DMS colunas = 1,03; DMS linhas = 0,97; MG = 8,91 Pa s; CV% = 6,55.

Tabela 5 – Valores médios das viscosidades aparentes (Pa s) da polpa de figo-da-índia, na concentração de 28°Brix, nas temperaturas de 10 a 60°C.

Rotação (rpm)	Temperatura (°C)					
	10	20	30	40	50	60
0,5	58,33 aA	55,67 aB	52,00 aC	48,33 aD	45,33aE	42,33 aF
1,0	36,50 bA	32,50 bB	30,33 bC	28,00 bD	26,33 bD	23,17 bE
2,5	19,53 cA	17,27 cB	14,67 cC	13,33 cCD	11,73 cDE	10,20 cE
5,0	13,43 dA	11,67 dAB	10,10 dBC	9,20 dC	8,43 dC	6,40 dD
10	7,88 eA	7,42 eA	6,70 eAB	6,20 eABC	5,40 eBC	4,52 deC
20	4,63 fA	4,34 fA	4,01 fA	3,68 fA	3,43 efA	3,14 efA
50	2,28 gA	2,13 gA	2,04 fgA	1,90 fgA	1,76 fgA	1,70 fgA
100	1,38 gA	1,30 gA	1,27 gA	1,19 gA	1,12 gA	1,07 gA

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação; DMS: Desvio mínimo significativo.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade;

DMS colunas = 2,02; DMS linhas = 1,90; MG = 14,69 Pa s; CV% = 7,80.

Nas Tabelas 6 a 10 são apresentados os parâmetros viscosidade teórica (η_0) e energia de ativação (Ea) estimados pela equação de Arrhenius, para valores experimentais de viscosidade aparente em função da temperatura, das amostras nas concentrações de 16 a 28°Brix e velocidades de rotação de 0,5 a 100 rpm. São também apresentados os coeficientes de determinação (R^2) para os respectivos ajustes. Observa-se que os valores de

energia de ativação variaram de 3,04 a 10,64 kJ g⁻¹ mol⁻¹ e que não variaram com a velocidade de rotação. As energias de ativação também não foram influenciadas pela concentração das amostras, ao contrário do que relatou CEPEDA et al. (2002) estudando suco de mirtilo em concentrações entre 24,9 e 60,7°Brix. A diferença de resultados pode ser devida à faixa de concentração utilizada no presente trabalho, cerca de metade da concentração das amostras do autor citado. Os coeficientes de determinação

resultaram em valores superiores a 0,90 na maioria das amostras, demonstrando boa predição de viscosidade aparente como função da temperatura.

Observa-se que os valores de energia de ativação variaram de 3,04, na amostra a 22° Brix, a 10,64 kJ g⁻¹ mol⁻¹ na amostra a 28° Brix, e que não acompanharam a velocidade de rotação, como se observa do fato de que os maiores valores de Ea foram determinados em velocidades de rotação intermediários. Isto significa que não se demonstrou a influência da velocidade de rotação sobre a energia de ativação, concordando com as constatações feitas a partir dos dados das Tabelas 1 a 5, onde se constatou pouca influência das rotações mais elevadas sobre a variação das viscosidades. As energias de ativação também não foram influenciadas pela concentração das amostras, ao contrário do que relataram CEPEDA et al. (2002) estudando suco de mirtilo em concentrações entre 24,9 e 60,7°Brix. A diferença de resultados pode ser devida à faixa de concentração utilizada no presente trabalho, cerca de metade da concentração em relação as amostras do autor citado. Os coeficientes de determinação resultaram em valores superiores a 0,90 na maioria das amostras, demonstrando boa predição de viscosidade aparente como função da temperatura.

Tabela 6 - Valores de viscosidade teórica e de energia de ativação da polpa de figo-da-índia da equação de Arrhenius para amostras com 16°Brix.

Velocidade de rotação (rpm)	η_0 (Pa s)	Ea (kJ g ⁻¹ mol ⁻¹)	R ²
0,5	0,50	4,42	0,98
1,0	-0,12	4,48	0,97
2,5	-1,66	6,79	0,93
5,0	-2,04	6,61	0,89
10	-1,73	4,78	0,94
20	-2,74	6,12	0,97
50	-2,81	4,74	1,00
100	-2,69	3,55	1,00

η_0 : Viscosidade inicial; Ea: Energia de ativação; R²: Coeficiente de determinação.

Tabela 7 - Valores de viscosidade teórica e de energia de ativação da polpa de figo-da-índia da equação de Arrhenius para amostras com 19°Brix.

Velocidade de rotação (rpm)	η_0 (Pa s)	Ea (kJ g ⁻¹ mol ⁻¹)	R ²
0,5	0,63	4,98	0,99
1,0	-1,17	8,34	0,99
2,5	-2,45	10,18	0,99
5,0	-2,94	10,32	0,96
10	-2,96	9,16	0,93
20	-2,49	6,70	0,92
50	-2,74	5,60	0,92
100	-3,64	6,91	0,93

η_0 : Viscosidade inicial; Ea: Energia de ativação; R²: Coeficiente de determinação.

Tabela 8 - Valores de viscosidade teórica e de energia de ativação da polpa de figo-da-índia da equação de Arrhenius para amostras com 22°Brix.

Velocidade de rotação (rpm)	η_0 (Pa s)	Ea (kJ g ⁻¹ mol ⁻¹)	R ²
0,5	1,85	3,17	0,99
1,0	0,93	4,35	0,98
2,5	-0,31	5,91	0,96
5,0	-0,77	5,95	0,94
10	-1,41	6,54	0,92
20	-1,48	5,59	0,98
50	-1,50	3,88	0,97
100	-1,66	3,04	0,98

η_0 : Viscosidade inicial; Ea: Energia de ativação; R²: Coeficiente de determinação.

Tabela 9 - Valores de viscosidade teórica e de energia de ativação da polpa de figo-da-índia da equação de Arrhenius para amostras com 25°Brix.

Velocidade de rotação (rpm)	η_0 (Pa s)	Ea (kJ g ⁻¹ mol ⁻¹)	R ²
0,5	0,76	6,67	0,83
1,0	0,71	5,52	0,91
2,5	-0,05	5,69	0,91
5,0	-0,06	4,75	0,72
10	-0,30	4,38	0,76
20	-0,99	4,98	0,96
50	-1,76	5,20	0,92
100	-2,36	5,40	0,80

η_0 : Viscosidade inicial; Ea: Energia de ativação; R²: Coeficiente de determinação.

Tabela 10 - Valores de viscosidade teórica e de energia de ativação da polpa de figo-da-índia da equação de Arrhenius para amostras com 28°Brix.

Velocidade de rotação (rpm)	η_0 (Pa s)	Ea (kJ g ⁻¹ mol ⁻¹)	R ²
0,5	1,91	5,12	0,99
1,0	0,76	6,67	0,99
2,5	-1,30	10,08	1,00
5,0	-1,90	10,64	0,96
10	-1,48	8,46	0,95
20	-1,04	6,10	0,99
50	-1,18	4,73	0,99
100	-1,39	4,05	0,99

η_0 : Viscosidade inicial; Ea: Energia de ativação; R²: Coeficiente de determinação.

CONCLUSÕES

As viscosidades aparentes, em todas as concentrações, foram influenciadas de forma estatisticamente significativa pela velocidade de deformação até 20 rpm; e pela temperatura até velocidades de deformação de 5 rpm. Em todas as velocidades de deformação e em todas as temperaturas, as viscosidades aparentes aumentaram com o aumento da concentração.

As amostras demonstraram comportamento não-newtoniano, pseudoplástico;

As viscosidades aparentes em função da temperatura foram estimadas satisfatoriamente pela equação de Arrhenius.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, M.M.M.; TADINI, C.C.; LANNES S.C.S. Influence of temperature and concentration on rheological properties of Caja Juice (*Spondia mombin*, L.). In: EURO THERM 77 Heat and Mass Transfer in Food **Proceedings...** Parma, 2005. v.1, p.65-68
- BARBERA, G. História e importância econômica e agroecológica. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; BARRIOS, E. P. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE, 2001. cap. 1, p. 1-11.
- BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Aplicação da metodologia de superfície de resposta para o estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico de misturas ternárias de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, (supl.), p. 166-171, 2003.
- CABRAL, M. F. P.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Comportamento reológico da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) peneirada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 37-40, 2002.
- CEPEDA, E.; HERMOSA, M.; LLORENS, F.; VILLARÁN, M. C. Rheological behaviour of blueberry cloudy juice (*Vaccinium corymbosum* L.). **International Journal of Food Science and Technology**, London, v. 37, n. 3, p. 271-276, 2002.
- EVANGELISTA, I. J.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Viscosidades aparentes de polpas de umbu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2003. CD-ROM.
- FERREIRA, G. M.; QUEIROZ, A. J. M.; CONCEIÇÃO, R. S. et al. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 175-183, 2002.
- HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, M. R.; VIDAL, J. R. M. B.; MASSON, M. L. Influence of temperature on the rheological behavior of whole araçá pulp (*Psidium cattleianum* Sabine). **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 39, n. 4, p. 426-430, 2006.
- HERNANDEZ, E.; CHEN, C. S.; JOHNSON, J.; CARTER, R. D. Viscosity changes in orange juice after ultrafiltration and evaporation. **Journal of Food Engineering**, New York, v. 25, n. 3, p. 387-396, 1995.
- PELEGRINE, D. H.; SILVA, F. C.; GASPARETTO, C. A. Rheological behaviour of pineapple and mango pulps. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 35, n. 8, p. 645-648, 2002.
- SARAVACOS, G. D. Effect of temperature on viscosity of fruits juice and purees. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 35, n. 2, p. 122-125, 1970.
- SILVA, F. C.; GUIMARÃES, D. H. P.; GASPARETTO, C. A. Reologia do suco de acerola: Efeitos da concentração e temperatura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 25, n. 1, p. 121-126, 2005.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.
- SUGAI, A. Y.; TADINI, C. C.; TRIBESS, T. B. Influência da temperatura do tratamento térmico sobre os parâmetros reológicos do purê de manga (*Mangifera indica* L.) variedade Haden. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais do XVIII CBCTA**. Porto Alegre: SBCTA, 2002. p.1857-1860.
- TORRES, L. B. V.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Viscosidades aparentes de polpas de umbu-cajá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2004. CD-ROM.
- VIDAL, J. R. M. B.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. I.; MASSON, M. L. Propriedades reológicas da polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) centrifugada. **Ciências agrotécnicas de Lavras**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 955-960, 2006.