

PRPG Pré-Reitoria de Pós-Graduação  
PIBIC/CNPq/UFCA-2009

## VISCOSIDADES APARENTES DE SOLUÇÕES COM POLPA DE FIGO-DA-ÍNDIA E MALTODEXTRINA, EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Lívia Maria Albuquerque Reul<sup>1</sup>, Tânila Kassimura S. Fernandes<sup>2</sup>, Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo<sup>3</sup>, Alexandre José de Melo Queiroz<sup>3</sup>

### RESUMO

Foram determinadas as viscosidades aparentes da polpa de figo-da-índia com adição de diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%). Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Equações lineares e quadráticas foram geradas para se estimar os dados da viscosidade aparente, em função da temperatura. Verificou-se que a viscosidade aparente das amostras diminuiu com o aumento da velocidade de rotação e com o aumento da temperatura. O aumento da concentração de maltodextrina resultou no aumento da viscosidade aparente. Equações lineares e quadráticas podem ser utilizadas para se estimar a viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia em função da temperatura, com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,77 e desvios percentuais médios (P) inferiores a 10%.

**Palavras-chave:** *Opuntia ficus-indica*, temperatura, concentração

### APPARENT VISCOSITIES OF SOLUTIONS WITH *OPUNTIA FICUS INDICA* PULP AND MALTODEXTRIN AT DIFFERENT TEMPERATURES

#### ABSTRACT

The apparent viscosities of the *Opuntia ficus indica* pulp with addition of different concentrations of maltodextrin (10, 15 and 20%) were determined. The experimental data were submitted to the variance analysis and the averages compared by test Tukey at 5% probability. Linear and quadratic equations were fitted to the apparent viscosity in function of temperature. It was verified that the apparent viscosity of the samples decreased with the increase of the rotation speed and with the increase of the temperature. The increase of the maltodextrin concentration resulted in the increase of the apparent viscosity. Linear and quadratic equations can be used to represent the apparent viscosity of the *Opuntia ficus indica* pulp in function of the temperature, with determination coefficients ( $R^2$ ) up to 0.77 and mean relative deviation modulus (P) lower than 10%.

**Keywords:** *Opuntia ficus-indica*, temperature, concentration

#### INTRODUÇÃO

Dentre as espécies frutíferas que se constituem em alternativa econômica para o semiárido brasileiro e podem contribuir com o desenvolvimento da região, se destaca o fruto da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.), também denominado figo-da-índia, planta da família das cactáceas.

O figo-da-índia é um fruto doce, suculento, rico em vitaminas (A e C) e minerais (cálcio e magnésio) podendo ser consumido *in natura* ou processado das mais variadas formas, motivos que o tornam bastante apreciado em alguns países e em determinadas regiões do Brasil. É um fruto perecível, frágil, o

<sup>1</sup> Aluna do Curso de Engenharia de Produção, Unidade Acadêmica de Engenharia de Produção, UFCA, Campina Grande, PB, E-mail: [lvia\\_reul@hotmail.com](mailto:lvia_reul@hotmail.com)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCA, Campina Grande, PB, E-mail: [tamilakassimura@yahoo.com.br](mailto:tamilakassimura@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, Professor Doutor, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCA, Campina Grande, PB, E-mail: [rossana@deag.ufcg.edu.br](mailto:rossana@deag.ufcg.edu.br); [alex@deag.ufcg.edu.br](mailto:alex@deag.ufcg.edu.br)

que representa um obstáculo para a comercialização na forma *in natura*; além disso, possui espinhos na superfície, dificultando o seu consumo.

Dentre as técnicas empregadas para a manutenção da qualidade pós-colheita de frutas a secagem, além de ser utilizada como método de conservação, minimizando reações deteriorativas e perdas do valor comercial resulta, ainda, em uma transformação do produto, prolongando sua vida útil, agregando valor e dando origem a uma nova opção no mercado, beneficiando-se das características positivas associadas ao produto original. Em muitos casos, o novo produto é favorecido pela concentração dos princípios nutricionais, conseqüente da extração de parte do conteúdo de água.

Para a realização de secagem de polpa de frutas poucas técnicas são adequadas para a produção de alimentos em pó sem a incorporação de aditivos (BHANDARI et al., 1993). Polpas de pitanga, abacaxi, umbu, açaí e cajá, dentre outras, foram desidratadas em secador por aspersão contendo, em suas formulações, maltodextrina (OLIVEIRA et al., 2006a; MATA et al., 2005; ABADIO et al., 2004; TONON et al., 2009; ANSELMO et al., 2006).

A maltodextrina é um dos principais aditivos usados na secagem por aspersão de polpa de frutas, reconhecida como insumo alimentar seguro para o consumo humano (GRAS). É um produto em pó de cor branca a levemente creme, sabor neutro a levemente adocicado, podendo ser considerada um amido pré-gelatinizado, levemente hidrolizado por enzimas (DAIÚTO & CEREDA, 2003).

Uma das principais propriedades físicas que influenciam o processo de secagem por aspersão (spray drying) de sucos e polpas de frutas, é a viscosidade. A viscosidade está intimamente relacionada com a composição e estrutura dos alimentos e diretamente, com a qualidade de produtos alimentícios que se apresentam na forma fluida, influenciando diretamente na textura e, portanto, na qualidade sensorial. Por outro lado, é de interesse industrial o conhecimento da viscosidade dos alimentos durante os processos de elaboração como concentração, mistura, pasteurização e outras operações unitárias (DURAN, 1991). Esses conhecimentos são necessários para manipulação, transporte e para o correto dimensionamento dos equipamentos destinados às referidas operações.

A viscosidade é considerada um fator limitante para a seleção do processo de aspersão, pois esta propriedade determina o mecanismo de formação das gotas e o seu tamanho (SCHWARTZ et al., 1984).

Ante o exposto se objetivou, com este trabalho, determinar a viscosidade aparente de soluções elaboradas com polpa de figo-da-índia e maltodextrina com diferentes concentrações (10, 15 e 20%), nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50°C.

## MATERIAL E MÉTODOS

Desenvolveu-se este trabalho no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

### Matérias-primas

Utilizaram-se como matérias-primas, o figo-da-índia (*Opuntia ficus-indica* Mill.) produzido na região do município de Boqueirão, na Paraíba, e maltodextrina (MOR-REX<sup>®</sup>, 1910) fabricada pela Corn Products Brasil.

### Formulações

Formulações (soluções) com a polpa do figo-da-índia e maltodextrina em diferentes concentrações (10, 15 e 20%) foram elaboradas, homogeneizando-se os componentes, até completa dissolução.

### Viscosidade aparente

As viscosidades aparentes das soluções com diferentes concentrações de maltodextrina foram determinadas utilizando-se viscosímetro Brookfield, modelo RV DV-II+ Pro, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, E.U.A. As viscosidades aparentes foram medidas em diferentes velocidades de rotação (0,5; 1; 2,5; 5; 10; 20; 50 e 100 rpm) e temperaturas (10, 20, 30, 40 e 50 °C).

### Análise Estatística

Realizou-se a análise estatística dos dados de viscosidade aparente utilizando-se o programa ASSISTAT versão 7.5 (SILVA & AZEVEDO, 2002). Os dados de viscosidade aparente foram submetidos a análise de variância através de um esquema fatorial composto de 8 velocidades de rotação X 5 temperaturas e 3 repetições, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Também foram feitas regressões na análise de variância para testar a significância e propor equações polinomiais (linear e quadrática) de predição da viscosidade aparente, em função da temperatura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tem-se na Tabela 1, a análise de variância dos dados de viscosidade aparente (Pa.s) da polpa de figo-da-índia, com adição de 10% de maltodextrina para as fontes de variação temperatura e velocidade de rotação. Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para todas as fontes de variação avaliadas e para a interação entre as mesmas.

Tabela 1 – Análise de variância da viscosidade aparente da polpa de figo da índia com adição de 10% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	4	38,40196	9,60049	217,6197 **
Velocidade de rotação (F <sub>2</sub> )	7	1759,16093	251,30870	5696,5559 **
F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub>	28	61,53144	2,19755	49,8131 **
Tratamentos	39	1859,09434	47,66909	1080,5420 **
Resíduo	80	3,52927	0,04412	
Total	119	1862,62361		

\* Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Na Tabela 2 se encontram os valores médios das viscosidades aparentes da polpa de figo-da-índia com adição de 10% de maltodextrina, nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50°C e diferentes velocidades de rotação.

Observa-se, nas velocidades de rotação de 0,5, 1, 2,5 e 5 rpm, que as viscosidades aparentes apresentaram tendência de redução com o aumento da temperatura, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Entretanto, existe semelhança estatística entre algumas médias observando-se, na velocidade de rotação de 0,5 rpm entre as temperaturas de 20 e 30°C, que as viscosidades aparentes são estatisticamente iguais; na velocidade de 1,0 rpm as médias são estatisticamente iguais entre as temperaturas de 30 e 40 °C; na velocidade de 2,5 rpm verifica-se que as viscosidades são estatisticamente iguais entre as temperaturas de 30, 40 e 50 °C; na velocidade de 5,0 rpm nota-se que as viscosidades são estatisticamente iguais entre as temperaturas de 10 e 20 °C, entre 20, 30, 40 e 50 °C; já nas velocidades de rotação de 10, 20, 50 e 100 rpm, as viscosidades aparentes são estatisticamente iguais entre todas as temperaturas, não havendo efeito significativo da mesma a 5% de probabilidade. Comportamento semelhante foi verificado por GRANGEIRO et al. (2007a) para a polpa integral de figo-da-índia em que houve tendência de redução da viscosidade aparente com o aumento da temperatura nas velocidades de rotação de 0,5; 1,0; 2,5 e 5,0 rpm e estabilidade da viscosidade com o aumento da temperatura nas velocidades de rotação de 10, 20, 50 e 100 rpm.

Comparando-se a viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia com adição de 10% de maltodextrina (16,16 Pa.s), determinada na velocidade de rotação de 0,5 rpm e temperatura de 10°C, com a viscosidade da polpa integral de figo-da-índia (7,13 Pa.s) avaliada por GRANGEIRO et al. (2007a) nessas mesmas condições, constata-se que a maltodextrina, pode ter sido responsável por um aumento de aproximadamente 127%.

Em termos percentuais, a diminuição das viscosidades aparentes com o aumento da temperatura, entre a menor temperatura (10°C) e a maior temperatura (50°C), para as velocidades de rotação de 0,5, 1,0, 2,5 e 5,0 rpm, foi de 38,61%, 43,43%, 34,17% e 29,48%, respectivamente. CABRAL et al. (2007) também verificaram, para a polpa de goiaba com adição de 18% de maltodextrina, que a viscosidade aparente diminuía com o aumento da temperatura entre 38,5 e 72,4 °C.

Avaliando-se individualmente as temperaturas, observa-se que as viscosidades aparentes apresentaram tendência de diminuição com o aumento da velocidade de rotação. Verifica-se, nas temperaturas de 10 e 20°C, que esta diminuição da viscosidade aparente com o aumento da velocidade de rotação foi estatisticamente significativa entre as velocidades de 0,5, 1,0, 2,5, 5, 10 e 20 rpm, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, porém entre as velocidades de rotação de 20 e 50 rpm e entre 50 e 100 rpm, nessas mesmas temperaturas, as viscosidades aparentes são estatisticamente iguais. Nas temperaturas de 30, 40 e 50°C verifica-se que as viscosidades aparentes são estatisticamente iguais entre as velocidades de rotação de 10 e 20 e entre 20, 50 e 100 rpm. GRANGEIRO et al. (2007b) apresentaram comportamento semelhante para polpas concentradas de figo-da-índia, tendo-se constatado que as maiores reduções das viscosidades aparentes ocorreram entre as velocidades de rotação mais baixas e entre as velocidades de rotação de 50 e 100 rpm, não foi observada diferença estatística entre as médias. Ressalta-se, ainda, que entre as velocidades de rotação de 0,5 e 100 rpm, as reduções das viscosidades aparentes foram de 98,39, 98,13, 98,35, 98,43 e 98,39% para as temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C, respectivamente.

Tabela 2. Valores médios das viscosidades aparentes (Pa.s) da polpa de figo-da-índia com adição de 10% de maltodextrina

Temperatura (°C)	Velocidade de rotação (rpm)							
	0,5	1,0	2,5	5,0	10	20	50	100
10	16,16 aA	8,68 aB	4,39 aC	2,51 aD	1,43 aE	0,84 aF	0,43 aFG	0,26 aG
20	11,79 bA	6,64 bB	3,78 bC	2,24 abD	1,31 aE	0,76 aF	0,38 aFG	0,22 aG
30	11,52 bA	6,08 cB	3,28 cC	1,99 bD	1,14 aE	0,65 aEF	0,33 aF	0,19 aF
40	10,80 cA	5,77 cB	3,18 cC	1,83 bD	1,03 aE	0,59 aEF	0,30 aF	0,17 aF
50	9,92 dA	4,91 dB	2,89 cC	1,77 bD	0,99 aE	0,55 aEF	0,29 aF	0,16 aF

DMS p/ colunas =0,53; DMS p/ linhas =0,48; CV (%) =6,35; MG = 3,31 Pa.s

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

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tem-se na Tabela 3, a análise de variância dos dados de viscosidades aparentes (Pa.s) da polpa de figo-da-índia, com adição de 15% de maltodextrina, para as fontes de variação temperatura e velocidade de rotação. Constata-se que houve efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para todas as fontes de variação avaliadas e para a interação entre as mesmas.

Tabela 3. Análise de variância da viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia com adição de 15% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	4	40,79624	10,19906	248,0936 **
Velocidade de rotação (F <sub>2</sub> )	7	2268,63531	324,09076	7883,5523 **
F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub>	28	58,47903	2,08854	50,8039 **
Tratamentos	39	2367,91058	60,71566	1476,9167 **
Resíduo	80	3,28878	0,04111	
Total	119	2371,19936		

\* Significativo a 1% de probabilidade: G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Os valores médios das viscosidades aparentes da polpa de figo-da-índia com adição de 15% de maltodextrina nas diferentes temperaturas e velocidades de rotação, são apresentados na Tabela 4. Verifica-se que as viscosidades aparentes da polpa de figo-da-índia com adição de 15% de maltodextrina tendem a diminuir com o aumento da temperatura, exceto nas velocidades de 20, 50 e 100 rpm. OLIVEIRA et al. (2006b) também encontraram este mesmo comportamento para a polpa de cupuaçu entre as temperaturas de 30, 45 e 50 °C. Observa-se, com o aumento da temperatura, que as viscosidades aparentes diminuem significativamente, na velocidade de rotação de 0,5 rpm, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade; na velocidade de 1,0 rpm, verifica-se que entre as temperaturas de 30 e 40 °C as viscosidades aparentes são estatisticamente iguais; na velocidade de 2,5 rpm, as viscosidades médias não diferem estatisticamente entre as temperaturas 20 e 30 °C, entre 30 e 40 °C e entre 40 e 50 °C; na velocidade de rotação 5,0 rpm nota-se que as viscosidades são estatisticamente iguais entre as temperaturas de 10, 20 e 30 °C, entre 20, 30 e 40°C e entre 30, 40 e 50 °C e, na velocidade de rotação de 10 rpm, as viscosidades são estatisticamente iguais entre as temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C e entre 20, 30, 40 e 50 °C. As reduções das viscosidades aparentes na temperatura de 50 °C com relação à de 10 °C nas velocidades de rotação de 0,5, 1,0, 2,5, 5,0 e 10 rpm, foram de 34,07, 44,50, 32,05, 28,63 e 32%.

Avaliando-se individualmente as temperaturas, observa-se que as viscosidades aparentes tenderam a diminuir com o aumento da velocidade de rotação, enquanto nas temperaturas de 10°C e 20°C a viscosidade aparente apresenta diminuição com o aumento da velocidade de rotação, sendo as médias estatisticamente diferentes entre as velocidades de 0,5, 1,0, 2,5, 5, 10 e 20 rpm, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, porém entre as velocidades de rotação de 20, 50 e 100rpm, nessas mesmas temperaturas, as viscosidades aparentes são estatisticamente iguais. Nota-se nas temperaturas de 30°C, 40°C e 50°C, que ocorreu diminuição da viscosidade aparente significativa com o aumento da velocidade de rotação entre as velocidades de 0,5, 1,0, 2,5, 5 e 10 rpm, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, porém entre as velocidades de 10 e 20 rpm e entre 20, 50 e 100 rpm, não existem diferenças significativas entre essas médias. Entre as velocidades de rotação de 0,5 e 100 rpm, as reduções das viscosidades aparentes foram de 97,45, 98,08, 98,05, 98,42 e 98,50% para as temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C, respectivamente.

Comparando-se os valores da viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia com adição de 10% de maltodextrina com a polpa de figo-da-índia com 15% de maltodextrina, constata-se que o acréscimo de maltodextrina aumentou a viscosidade da amostra.

Tabela 4. Valores médios das viscosidades aparentes (Pa.s) da polpa de figo-da-índia com adição de 15% de maltodextrina

Temperatura (°C)	Velocidade de rotação (rpm)							
	0,5	1,0	2,5	5,0	10	20	50	100
10	17,23 aA	9,28 aB	4,40 aC	2,55 aD	1,50 aE	0,95 aF	0,53 aF	0,44 aF
20	14,56 bA	7,96 bB	3,86 bC	2,28 abD	1,38 abE	0,78 aF	0,43 aF	0,28 aF
30	12,32 dA	6,67 cB	3,45 bcC	2,14 abcD	1,20 abE	0,70 aEF	0,38 aF	0,24 aF
40	12,01 cA	6,25 cB	3,34 cdC	1,93 bcD	1,10 abE	0,62 aEF	0,32 aF	0,19 aF
50	11,36 eA	5,15 dB	2,99 dC	1,82 cD	1,02 bE	0,59 aEF	0,30 aF	0,17 aF

DMS p/ colunas = 0,51; DMS p/ linhas = 0,46; CV (%) = 5,57; MG = 3,64 Pa.s

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

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela 5 se encontra a análise de variância dos dados de viscosidades aparentes (Pa.s) da polpa de figo-da-índia com adição de 20% de maltodextrina para as fontes de variação temperatura e velocidade de rotação. Constata-se que houve efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para todas as fontes de variação avaliadas e para a interação entre elas.

Tabela 5. Análise de variância da viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia com adição de 20% de maltodextrina

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F <sub>1</sub> )	4	232,95482	58,23870	166,7499 **
Velocidade de rotação (F <sub>2</sub> )	7	4630,08332	661,44047	1893,8465 **
F <sub>1</sub> x F <sub>2</sub>	28	176,07613	6,28843	18,0051 **
Tratamentos	39	5039,11426	129,20806	369,9505 **
Resíduo	80	27,94062	0,34926	
Total	119	5067,05488		

\* Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F

Tem-se na Tabela 6, os valores médios das viscosidades aparentes da polpa de figo-da-índia com adição de 20% de maltodextrina, nas diferentes temperaturas e velocidades de rotação. Verifica-se que as viscosidades aparentes também apresentaram tendência de diminuição com o aumento da temperatura para cada velocidade de rotação, exceto nas velocidades de rotação de 20, 50 e 100 rpm. Comportamento semelhante foi encontrado por FERREIRA et al. (2002) para a polpa de caju e goiaba nas temperaturas entre 10 e 60°C. Na velocidade de rotação de 0,5 rpm as viscosidades aparentes diminuem significativamente com o aumento da temperatura, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C, e não existe influência significativa entre as temperaturas de 40 e 50°C; na velocidade de 1,0 rpm verifica-se que as viscosidades aparentes são estatisticamente iguais entre as temperaturas de 10 e 20 °C e entre 40 e 50 °C; na velocidade de 2,5 rpm, nota-se igualdade estatística entre as viscosidades, nas temperaturas de 30 e 40°C e entre 40 e 50 °C; na velocidade de rotação de 5,0 rpm, as viscosidades são estatisticamente iguais entre as temperaturas de 10 e 20°C, entre 20 e 30°C e entre 30, 40 e 50 °C; para a velocidade de rotação de 10 rpm, as viscosidades são estatisticamente iguais entre as temperaturas de 10, 20 e 30°C, entre 20, 30, 40 e entre 30, 40,e 50 °C; nas velocidades de rotação 20, 50 e 100 rpm as viscosidades aparentes não diferiram estatisticamente. As diminuições das viscosidades aparentes entre 10 e 50 °C, nas velocidades de rotação de 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 e 10 rpm foram de 38,64, 49,60, 56,50, 58,95 e 62,42%, respectivamente.

Com relação ao comportamento da viscosidade dentro de cada temperatura, constata-se haver tendência de redução com o aumento da velocidade de rotação. Verifica-se que nas temperaturas de 10°C e 20°C, as viscosidades aparentes diminuem significativamente com o aumento da velocidade de rotação, exceto entre as velocidades 10 e 20 rpm e entre 20, 50 e 100 rpm; nas temperaturas de 30°C e 40°C as viscosidades aparentes não diferem estatisticamente entre as velocidades 5,0 e 10 rpm e entre 10, 20, 50 e 100 rpm e na temperatura de 50°C as médias são estatisticamente iguais entre 5,0, 10 e 20 rpm e entre 10, 20, 50 e 100 rpm. QUEIROZ et al. (2007) também constataram reduções nas viscosidades aparentes de mel silvestre com o aumento da velocidade de rotação (0,5 a 100 rpm) nas temperaturas de 20, 25, 30, 35 e 40 °C. Entre as velocidades de rotação de 0,5 e 100 rpm, as diminuições das viscosidades aparentes foram de 96,88, 97,11, 98,04, 98,15 e 98,56% nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C, respectivamente, sendo estes percentuais próximos aos determinados para a polpa de figo-da-índia, com 10 e 15% de maltodextrina.

A viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia com adição de 20% de maltodextrina a 10 °C na velocidade de rotação de 0,5 rpm, foi próxima à viscosidade da polpa de umbu-cajá integral (13°Brix) determinada por TORRES et al. (2003) na mesma condição em que apresentou valor de 25,4 Pa.s.

Tabela 6. Valores médios das viscosidades aparentes (Pa.s) da polpa de figo-da-índia com adição de 20% de maltodextrina

Temperatura (°C)	Velocidade de Rotação (rpm)							
	0,5	1,0	2,5	5,0	10	20	50	100
10	23,73 aA	16,33 aB	8,69 aC	4,97 aD	3,06 aE	1,923 aEF	1,10 aF	0,74 aF
20	21,47 bA	15,37 aB	7,29 bC	4,34 abD	2,77 abE	1,71 aEF	0,95 aF	0,62 aF
30	19,36 cA	11,40 bB	5,54 cC	3,10 bcD	1,84 abcDE	1,12 aE	0,61 aE	0,38 aE
40	15,68 dA	9,51 cB	4,77 cdC	2,50 cD	1,44 bcDE	0,85 aE	0,48 aE	0,29 aE
50	14,56 dA	8,23 cB	3,78 dC	2,04 cD	1,15 cDE	0,68 aDE	0,36 aE	0,21 aE

DMS p/ colunas = 1,50; DMS p/ linhas = 1,35; CV (%) = 10,51; MG = 5,62 Pa.s

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

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Tabela 7 se encontram equações de regressão polinomiais (linear e quadrática) propostas para o cálculo da viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia com adição de 10% de maltodextrina, em função da temperatura e nas diferentes velocidades de rotação (0,5, 1,0, 2,5, 5,0, 10, 20, 50 e 100 rpm). Constatase que a maioria das equações foi significativa a 1% de probabilidade pelo teste F, exceto as equações quadráticas nas velocidades de rotação de 2,5 e 20 rpm, que foram significativas a 5% de probabilidade. Nota-se, para todas as velocidades de rotação, que a equação quadrática apresentou os maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ), superiores a 0,90 e os menores desvios percentuais médios (P), menores que 6%, sinal de que as viscosidades aparentes da polpa de figo-da-índia com adição de 10% de maltodextrina, podem ser estimadas com boa precisão; já as equações lineares, apesar de não terem apresentado os melhores parâmetros de ajuste, resultaram em valores de  $P < 7\%$  e  $R^2 > 0,77$ , podendo também ser utilizadas para estimar os dados de viscosidade. Outra vantagem do uso da equação linear é que possui significado físico indicando que a viscosidade aparente diminui com o aumento da temperatura. TORRES et al. (2004) sugeriram, ao trabalharem com polpa de umbu-cajá, equações lineares para estimar a viscosidade aparente, em função da temperatura nas velocidades de rotação de 0,5, 1,0, 2,5, 5,0, 10, 20, 50 e 100 rpm, obtendo coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,85.

Tabela 7. Equações de regressão propostas para o cálculo da viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia com adição de 10% de maltodextrina, em função da temperatura

Velocidade de rotação (rpm)	Equação	$R^2$	P (%)
0,5	$\eta = 16,0773 - 0,1347T^{**}$	0,777	6,74
	$\eta = 19,3440 - 0,4147T + 0,0047T^2^{**}$	0,907	5,07
1,0	$\eta = 8,9411 - 0,8416T^{**}$	0,887	5,69
	$\eta = 10,2424 - 0,1957T + 0,0018T^2^{**}$	0,947	3,88
2,5	$\eta = 4,5835 - 0,0359T^{**}$	0,930	4,10
	$\eta = 5,1008 - 0,0803T + 0,0007T^2^*$	0,985	1,62
5,0	$\eta = 2,6411 - 0,01899T^{**}$	0,954	2,74
	$\eta = 2,8837 - 0,0398T + 0,0003T^2^{**}$	0,998	0,49
10,0	$\eta = 1,5324 - 0,0117T^{**}$	0,969	2,49
	$\eta = 1,6344 - 0,0204T + 0,0001T^2^{**}$	0,990	1,27
20,0	$\eta = 0,9011 - 0,0074T^{**}$	0,976	2,36
	$\eta = 0,9571 - 0,0122T + 0,00008T^2^*$	0,992	1,16
50,0	$\eta = 0,4565 - 0,0037T^{**}$	0,949	3,26
	$\eta = 0,5020 - 0,0076T + 0,00006T^2^{**}$	0,991	1,19
100,0	$\eta = 0,2731 - 0,0024T^{**}$	0,949	3,33
	$\eta = 0,3038 - 0,0050T + 0,00004T^2^{**}$	0,994	2,66

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; \* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

A Tabela 8 mostra as equações de regressão polinomiais, propostas para o cálculo da viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia com adição de 15% de maltodextrina, em função da temperatura, em diferentes velocidades de rotação (0,5, 1,0, 2,5, 5,0, 10, 20, 50 e 100 rpm). Nota-se, para todas as velocidades de rotação, que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram todos superiores a 0,84 e os desvios percentuais médios (P) inferiores a 10%, exceto a equação linear na velocidade de rotação de 100 rpm significando que, de maneira geral, pode-se utilizar qualquer uma das equações propostas para estimar os dados da viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia com adição de 15% de maltodextrina, em função da temperatura. Para a velocidade de rotação de 1,0 rpm, apenas a equação linear foi significativa. Verifica-se que as equações quadráticas apresentaram os maiores  $R^2$  e os menores P, estimando com maior precisão os dados de viscosidade que a equação linear; entretanto, a equação linear, apesar de também poder ser utilizada para representar os dados, mostra tendência de redução da viscosidade com o aumento da temperatura. MELO et al. (2008) também recomendaram o uso de equações lineares para estimar a viscosidade aparente da polpa de buriti com adição de leite (1:1) em função da temperatura para velocidades de rotação entre 0,5 e 100 rpm, tendo-se encontrado  $R^2 > 0,950$ .

Tabela 8. Equações de regressão propostas para o cálculo da viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia, com adição de 15% de maltodextrina em função da temperatura

Velocidade de rotação (rpm)	Equação	$R^2$	P (%)
0,5	$\eta = 17,78 - 0,1428T^{**}$	0,879	4,78
	$\eta = 20,76 - 0,3982T + 0,0042T^2^{**}$	0,988	1,49
1,0	$\eta = 10,0538 - 0,0997T^{**}$	0,975	2,82
2,5	$\eta = 4,6187 - 0,0338T^{**}$	0,956	2,60
	$\eta = 4,9347 - 0,0609T + 0,0004T^2^{**}$	0,979	2,11
5,0	$\eta = 2,6941 - 0,01827T^{**}$	0,981	1,52
	$\eta = 2,8181 - 0,0289T + 0,0002T^2^{*}$	0,994	0,76
10,0	$\eta = 1,6140 - 0,0125T^{**}$	0,982	1,86
	$\eta = 1,6933 - 0,0193T + 0,0001T^2^{**}$	0,993	1,68
20,0	$\eta = 0,9905 - 0,0088T^{**}$	0,933	4,41
	$\eta = 1,1261 - 0,0204T + 0,0002T^2^{**}$	0,997	0,82
50,0	$\eta = 0,5662 - 0,0057T^{**}$	0,945	4,72
	$\eta = 0,6405 - 0,0121T + 0,0001T^2^{**}$	0,991	3,06
100,0	$\eta = 0,4530 - 0,0063T^{**}$	0,857	12,91
	$\eta = 0,5927 - 0,0183T + 0,0002T^2^{**}$	0,977	5,08

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; \* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

Na Tabela 9 são apresentadas equações de regressão polinomiais propostas para o cálculo da viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia com adição de 20% de maltodextrina, em função da temperatura, em diferentes velocidades de rotação (0,5, 1,0, 2,5, 5,0, 10, 20, 50 e 100 rpm). Observa-se para as velocidades de rotação de 0,5 e 1,0 rpm, que apenas a equação linear foi significativas e que todas as equações apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) maiores que 0,950 e desvios percentuais médios (P) inferiores a 10%, exceto para a equação quadrática na velocidade de rotação de 100 rpm, significando que se pode utilizar qualquer uma das equações para estimar os dados de viscosidade. Nas velocidades de rotação de 2,5; 5,0; 10; e 20 rpm os maiores  $R^2$  e os menores P foram obtidos para as equações quadráticas estimando-se, com maior precisão, os dados de viscosidade.

Tabela 9. Equações de regressão propostas para o cálculo da viscosidade aparente da polpa de figo-da-índia, com adição de 20% de maltodextrina, em função da temperatura

Velocidade de rotação (rpm)	Equação	R <sup>2</sup>	P (%)
0,5	$\eta = 26,2000 - 0,2413T^{**}$	0,981	2,24
1,0	$\eta = 18,7887 - 0,2207T^{**}$	0,959	5,05
2,5	$\eta = 9,7189 - 0,1235T^{**}$	0,979	3,62
	$\eta = 10,6256 - 0,2012T + 0,0013T^2^*$	0,994	2,01
5,0	$\eta = 5,7017 - 0,0770T^{**}$	0,972	5,76
	$\eta = 6,2011 - 0,1198T + 0,0007T^2^{**}$	0,983	3,53
10,0	$\eta = 3,5941 - 0,0514T^{**}$	0,959	7,47
	$\eta = 3,8537 - 0,0736T + 0,0004T^2^{**}$	0,966	5,92
20,0	$\eta = 2,2348 - 0,0326T^{**}$	0,960	7,47
	$\eta = 2,3923 - 0,0461T + 0,0002T^2^{**}$	0,967	6,72
50,0	$\eta = 1,2870 - 0,0196T^{**}$	0,965	7,90
	$\eta = 1,4080 - 0,0299T + 0,0002T^2^{**}$	0,976	9,92
100,0	$\eta = 0,8658 - 0,0139T^{**}$	0,964	9,98
	$\eta = 0,9808 - 0,0238T + 0,0002T^2^{**}$	0,983	17,13

## CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos neste trabalho, concluiu-se que:

- A viscosidade aparente das soluções elaboradas com polpa de figo-da-índia e maltodextrina, diminuiu com o aumento da velocidade de rotação e com o aumento da temperatura.
- A concentração de maltodextrina influenciou a viscosidade aparente das amostras, em que, com o aumento da concentração de maltodextrina, ocorreu aumento na viscosidade aparente.
- A viscosidade aparente das soluções elaboradas com polpa de figo-da-índia e maltodextrina, pode ser estimada em função da temperatura, por equações lineares e quadráticas.

## AGRADECIMENTOS

A UFCG, ao CNPq, pela Bolsa de Iniciação Científica e à Corn Products Brasil, pela doação da maltodextrina.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABADIO, F.D.B.; DOMINGUES, A.M.; BORGES, S.V.; OLIVEIRA, V.M. Physical properties of powdered (*Ananas comosus*) juice-effect of malt dextrin concentration and atomization speed. **Journal of Food Engineering**, v. 64, n.3, p. 285-287, 2004.
- ANSELMO, G.C.S.; MATA, M.E.R.M.C.; ARRUDA, P.C.; SOUSA, M.C. Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.2, p.58-65, 2006.
- BHANDARI, B.R.; SENOUSI, A.; DUMOULIN, E. D.; LEBERT, A. Spray drying of concentrated fruit juices. **Drying Technology**, v.11, n.5, p.1081-1092, 1993.
- DURAN, L. **Controle de qualidade de alimentos**. In: FERREIRA, V.L.P.; CAMPOS, S.D.S. Controle de qualidade na indústria de alimentos. Campinas: ITAL, 1991. p.1-13
- CABRAL, R.A.F.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V.R.N.; GABAS, A.L.; FINZER, J.R.D. Effect of apparent viscosity on fluidized bed drying process parameters of guava pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n.4, p. 1096-1106, 2007.
- DAIÚTO, E.R.; CEREDA, M.P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulamento. In: CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F. **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3. cap. 16, p. 449-474. (Série: Culturas de tuberosas amiláceas Latino Americanas).

FERREIRA, G.M.; QUEIROZ, A.J.de M.; CONCEIÇÃO, R.S.; GASPARETO, C.A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.4, n.2, p.175- 183, 2002.

GRANGEIRO, A.A.; QUEIROZ, A.J.de M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. de; DUARTE, M.E.M. Viscosidade aparente de Polpas de figo-da-índia. **Engenharia na Agricultura**, v.15, n.4, p. 408-416, 2007a.

GRANGEIRO, A.A.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; MATA, M.E.R.M.C. Viscosidade de Polpas Concentradas de figo-da-índia. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.13, n.2, p.219-224, 2007b.

MATA, M.E.R.M.C.; MEDEIROS, S.S.A.; DUARTE, M.E.M. Microencapsulamento do umbu em pó com diferentes formulações de maltodextrina: estudo do tamanho das partículas por microscopia eletrônica. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.1, p.59-70, 2005.

MELO, K.S.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. de; QUEIROZ, A.J.de M. Comportamento reológico da polpa de buriti com leite. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, n.2, p.197-206, 2008.

OLIVEIRA, F.M.N.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. de; QUEIROZ, A.J. de M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, n.1, p.25-33, 2006a.

OLIVEIRA, F.M.N.; FREITAS, J.C.O.; QUEIROZ, A.J.de M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. de. Viscosidade de polpa de cupuaçu sob aquecimento. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 35, 2006, João Pessoa. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006b. CD Rom.

QUEIROZ, A.J. de M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. de; SILVA, C.L.; MATA, M.E.R.M.C. Comportamento reológico de méis de florada de silvestre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.2, p.190-194, 2007.

SCHWARTZ, M.; COSTELL, E.; GASQUE, F. Efecto de los tratamientos de estabilización de la horchata chufa (*Cyperus esculentus*, L.) sobre su color y su viscosidad. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.24, n.2, p.271-277, 1984.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M.D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.2, p.1-7, 2009.

TORRES, L.B.V., QUEIROZ, A.J. de M., FIGUEIRÊDO, R.M.F. de. Viscosidades aparentes de polpa de umbu-cajá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004. CD Rom.

TORRES, L.B.V.; QUEIROZ, A.J. de M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. de. Viscosidade aparente da polpa de umbu-cajá concentrada a 10°C. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.5, n.2, p.161-168, 2003.