

CORRELAÇÕES MATEMÁTICAS PARA DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DAS POLPAS DE FRUTAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

Matheus Lisboa Ramos¹, Mikaela Rocha Santos², Larisse Costa Ferreira³, Ingrid Meirielly Rodrigues Farias⁴, Paulo Vitoriano Dantas Pereira⁵, Sérgio Luis Melo Virolí⁶

¹ Discente Curso Licenciatura em Química – IFTO. e-mail: <matheus.lisboas13@gmail.com>

² Discente Curso Licenciatura em Química – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <mikaellarocha72@gmail.com>

³ Curso Superior de Tecnologia de Alimentos – IFTO. e-mail: <larissecosta500@gmail.com>

⁴ Ensino Médio Integrado ao Técnico em Agroindústria – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <ingridcosta301@gmail.com>

⁴ Docente do Curso de Licenciatura em Matemática – IFTO. e-mail: <paulo.pereira@ifto.edu.br >

⁵ Docente do Curso de Licenciatura em Química – IFTO. e-mail: <virolí@ifto.edu.br>

Resumo: A densidade, o calor específico, a condutividade e a difusividade térmica, são propriedades termo físicas importantes para projetar e dimensionar equipamentos e processos que envolvem transferência de calor. Durante o processamento das polpas são usados processos de aquecimento, pasteurização, concentração e a utilização de baixas temperaturas para a preservação da qualidade desses produtos. O objetivo desse trabalho foi a determinação do comportamento da massa específica das polpas de goiaba e manga, em diferentes temperaturas e propor um modelo polinomial específico para predição desta propriedade. A massa específica das polpas de goiaba e manga foram determinadas com o uso de picnômetros nas temperaturas de 20 a 60 °C. Foram feitas regressões lineares dos dados da massa específica para obtenção das equações que representa essa grandeza, utilizando o programa computacional Assistat. A massa específica das polpas de goiaba e manga variaram de 1034,23 a 1070,01 kg.m⁻³ e 1034,23 a 1070,01 kg.m⁻³ respectivamente. Os valores das massas específicas das polpas de goiaba e manga diminuíram com o aumento da temperatura provavelmente devido à expansão volumétrica do fluido causada pela redução da ligação da força intermolecular. O modelo polinomial que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o modelo polinomial com quatro termos, pois apresentou o maior coeficiente de determinação $R^2 = 0,999879$ para a polpa de goiaba e $R^2 = 0,999324$ para polpa de manga. Os outros dois modelos também poderiam ser utilizados, pois apresentaram valores de $R^2 > 0,99$, também considerando um bom ajuste aos dados experimentais.

Palavras-chave: goiaba, massa específica, manga, temperatura

1 INTRODUÇÃO

A densidade, o calor específico, a condutividade e a difusividade térmica, são propriedades termo físicas importantes para projetar e dimensionar equipamentos e processos que envolvem transferência de calor (MATTOS, J. S.; MEDEROS, B. J. T., 2008; JERÔNIMO, 2012). A manipulação, transporte e estocagem de polpas de frutas envolvem propriedades físicas importantes para o correto dimensionamento dos equipamentos destinados a estas operações. (LIMA, 2003). No processamento de frutas o dimensionamento adequado dos equipamentos representam lucro excessivo de economia e energia. Conseqüentemente é essencial o conhecimento do comportamento da massa específica das polpas nas condições de processamento pois ela é alterada durante da transferência de calor e massa no decorrer do processamento do alimento (BOLZAN; SOUZA, 2007). Para o correto dimensionamento de todas as operações unitárias relacionadas com a transferência de quantidade de movimento, tais como o transporte de materiais através de tubulações, operações de agitação, de filtração, de fluidização, a sedimentação de sólidos em suspensões, dentre outras, é fundamental o conhecimento da massa específica do material (SOUZA, 2008). A massa específica de um fluido também é importante para a determinação da pressão exercida por uma

coluna do mesmo, o que é imprescindível para o projeto de tanques de armazenagem e sistemas de bombeamento. Além disso, através da variação da massa específica de um fluido em um processo, pode-se determinar se o mesmo é compressível ou incompressível, o que resulta em abordagens bastante distintas do processo. A transferência de massa e calor durante o processamento dos alimentos altera sua massa específica. Em muitos cálculos de dimensionamento de processos, a massa específica é considerada constante. Porém, esta suposição não é válida para todos os casos, já que altas temperaturas desnaturam os constituintes dos alimentos e baixas temperaturas fazem a água presente nos mesmos mudar de fase, tornando-se gelo. Todos estes fatores alteram a massa específica. Hoje em dia, devido à simulação de processos, há a necessidade de quantificar as mudanças da massa específica do alimento durante o seu processamento (SOUZA, 2008). O processamento de polpas de frutas é uma atividade econômica que agrega valor à fruta, impede desperdícios e reduz as perdas durante a comercialização da fruta in natura (NASCIMENTO et al., 2013). Durante o processamento das polpas são usados processos de aquecimento, pasteurização, concentração e a utilização de baixas temperaturas para a preservação da qualidade desses produtos. (LIMA, 2003). Os modelos matemáticos para previsibilidade das propriedades termo físicas representam uma adequação de ampliar a eficiência de tratamentos térmicos no processamento de alimentos e alternativa na substituição da determinação experimental destes parâmetros, o qual pode ser muito oneroso para a indústria (EGEA et al., 2015). Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de se determinar o comportamento da massa específica das polpas de goiaba e manga e propor um modelo polinomial específico para predição desta propriedade.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido, no Laboratório de Alimentos do Instituto Federal do Tocantins – IFTO campus Paraíso do Tocantins, entre os meses de agosto a dezembro de 2018. Foram adquirida polpas de manga e goiaba congelada no comércio local da cidade de Paraíso do Tocantins –TO. Os parâmetros físicos químicos analisados potencial hidrogeniônico (pH), análise de acidez total titulável, Sólidos Solúveis e a análise de vitamina C seguiram a metodologias indicadas pelo Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008). A massa específica da polpa de goiaba e de manga foram determinadas nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60°C seguindo o método descrito pela AOAC (1984). O cálculo da massa específica foi realizado através da equação. $\rho = m/v$ na qual, (ρ) Massa específica do produto (kg.m^{-3}); (v) Volume do picnômetro (m^3); (m) Massa do produto (kg). Quanto a modelagem matemática da massa específica das polpas de manga e goiaba, foram utilizados os modelos polinomiais, linear $\rho = a+bT$; quadráticos $\rho = a+bT+cT^2$; e terceiro grau $\rho = a+bT+cT^2+dT^3$ onde T =Temperatura (°C); a , b , c e d – constantes. O grau de ajuste de cada modelo foi considerado pela magnitude do coeficiente de determinação (R^2). Foram feitas regressões lineares dos dados da massa específica para obtenção das equações que representa essa grandeza, utilizando o programa

computacional Assistat. Todos os experimentos foram realizados em triplicata e para o cálculo foi utilizado à média dos valores obtidos nos experimentos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 demonstra os valores experimentais da massa específica da polpa de goiaba e polpa de manga nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60 °C.

TABELA 1 – Parâmetros físicos – químicos das polpas de frutas congeladas comercializadas na região central de Cidade de Paraíso do Tocantins

Parâmetros	Polpa goiaba	Polpa manga
Vitamina C (mg/100 mg)	68,52± 0,01	67,24 ± 0,01
ATT – expressa em ácido cítrico (g/100 g)	0,64 ± 0,01	0,87 ± 0,02
Sólidos Solúveis em °Brix, a 20° C	7,81 ± 0,02	12,78 ± 0,01
Potencial Hidrogenionico (pH)	3,62 ± 0,02	3,50 ± 0,02
(ρ) Massa específica (kg.m ⁻³) a 20°C	1070,01 ± 0,01	1069,98± 0,00
(ρ) Massa específica (kg.m ⁻³) a 30°C	1063,02 ± 0,00	1062,87± 0,01
(ρ) Massa específica (kg.m ⁻³) a 40°C	1053,03 ± 0,00	1054,21± 0,00
(ρ) Massa específica (kg.m ⁻³) a 50°C	1043,25 ± 0,01	1044,03 ± 0,01
(ρ) Massa específica (kg.m ⁻³) a 60°C	1034,23 ± 0,02	1038,06 ± 0,02

FONTE: Autor

Observa-se que os valores médios da massa específica para a polpa de goiaba variaram de 1034,23 a 1070,01 kg.m⁻³ com concentração de 7,81 ° Brix e para a polpa de manga variaram de 1038,06 a 1069,98 kg.m⁻³ com concentração de 12,78 ° Brix e a diminuição significativa dos valores médios da massa específica das polpas de goiaba e manga com o aumento da temperatura.

TABELA 2 – Equações propostas para o calculo da massa específica da polpa de goiaba e polpa de manga em função da temperatura

Polpa	Equações	a	b	c	d	R ²
	$\rho = a + bT$	1068,90	- 0,8268	-----	-----	0,994438
MANGA	$\rho = a + bT + cT^2$	1087,66	- 0,8702	0,0005	-----	0,994498
	$\rho = a + bT + cT^2 + dT^3$	1063,47	1,2705	- 0,0570	0,0004	0,999324
	$\rho = a + bT$	1089,24	-0,9133	-----	-----	0,996924
GOIABA	$\rho = a + bT + cT^2$	1085,39	-0,6933	- 0,00275	-----	0,998189
	$\rho = a + bT + cT^2 + dT^3$	1069,59	0,7041	- 0,0403	0,0003	0,999879

ρ – Massa específica (kg.m⁻³); T – Temperatura (°C); a,b,c,d – coeficientes; R²– coeficiente de determinação

A tabela 2 têm-se três modelos representados por equações polinomiais propostas para o cálculo da massa específica da polpa da goiaba em função da temperatura e seus respectivos coeficientes de determinações. O modelo polinomial que melhor se ajustou aos dados experimentais das polpas de frutas, considerando o maior coeficiente de determinação, foram os modelos polinomiais com quatro termos, com $R^2 = 0,999879$ para a polpa de goiaba e $R^2 = 0,999324$ para a polpa de manga. Diniz et al. (2014) obtiveram valores de massa específica para a polpa de goiaba, com 12,1 °Brix e temperaturas de 10 a 50 °C, iguais a 1115,92 a 1070,64 kg.m⁻³. Dantas Junior et al. (2007), estimando a massa específica da polpa de manga através das equações linear e quadrática, verificaram que as duas equações podem ser usadas para estimar a massa específica da polpa de manga espada em função da temperatura. Os valores das massas específicas das polpas de goiaba e manga diminuíram com o aumento da temperatura provavelmente devido à expansão volumétrica do fluido causada pela redução da ligação da força intermolecular.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A massa específica das polpas de goiaba e manga variaram de 1034,23 a 1070,01 kg.m⁻³ e 1034,23 a 1070,01 kg.m⁻³ respectivamente com as temperaturas de 20 a 60°C, sendo observada uma redução significativa da massa específica das polpas em relação às temperaturas estudadas nesse trabalho. O modelo polinomial que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o modelo polinomial com quatro termos, pois apresentou o maior coeficiente de determinação $R^2 = 0,999879$ para a polpa de goiaba e $R^2 = 0,999324$ para polpa de manga. Os outros dois modelos também poderiam ser utilizados, pois apresentaram valores de $R^2 > 0,99$, também considerando um bom ajuste aos dados experimentais.

REFERÊNCIAS

AOAC: Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed., AOAC International, Arlington, 2000.

BOLZAN, T. G.; SOUZA, D. **Estudo do comportamento da massa específica de suco de laranja em função da temperatura e da concentração**. XIX Salão de iniciação científica, Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2007.

EGEA, M. B.; REIS, M. H. M.; DANESI, E. D. G. **Aplicação de modelos matemáticos preditivos para o cálculo das propriedades termo físicas do palmito pupunha**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.17, n.2, p.179-187, 2015.

DANTAS JÚNIOR, E. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. **Determinação e elaboração de modelos de predição da massa específica da manga espada**. Revista Educação Agrícola Superior, v.22, n.1, p.39-42, 2007.

DINIZ, R. S.; COIMBRA, J. S. R.; MARTINS, M. A.; SANTOS, M. O. ;DINIZ, M. D. M. S.; SANTOS, E. S.; SANTÁNNIA, D. D.; ROCHA, R. A.; OLIVEIRA, E. B. **Physical Properties of Red Guava (*Psidium guajava* L.) Pulp as Affected by Soluble Solids Content and Temperature.** International Journal of Food Engineering, v.10, n.3, p. 437–445, 2014.

IAL. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos.** 4^a ed. (1^a Edição digital), 2008. 1020 p.

JERÔNIMO, C. E. M.; BALBINO, C. P.; FERNANDES, H. G. **Coefficiente de dilatação volumétrica determinados pela curva ASTM em frações de petróleo.** Revista Scientia Plena, Aracaju: UFS, v. 8, n. 9, p. 1-8, 2012.

LIMA, Í. J. E. D.; QUEIROZ, A. J. D. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. D. **Propriedades termo físicas da polpa de umbu.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial, n.1, p.31-42, 2003

NASCIMENTO, J. M. C.; MOURA, M. F. V.; FONSECA, P. A. Q.; CRUZ, A. M. F.; SOARES, J. C. **Determinação do Teor de Ácido Ascórbico pelo Método de Tillmans em Polpas de Frutas.** CBQ 53^o Congresso Brasileiro De Química, Rio de Janeiro.

MATTOS, J. S.; MEDEROS, B. J. T. **Densidade de polpas de frutas tropicais: banco de dados e determinação experimental.** BioEng, Campinas, v.2, n.2, p. 109-118, jan/abr., 2008.

SOUZA, de D. **Estudo das Propriedades Físicas de Polpas e Néctares de Pequenos Frutos.** Dissertação de mestrado. Porto Alegre: UFRGS, 2008, 191p.