

## DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DE SUCO DE LARANJA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA ATRAVÉS DE MODELOS POLINOMIAIS

Larisse Costa Ferreira<sup>1</sup>, Mikaela Rocha Santos<sup>2</sup>, Ingrid Meirielly Rodrigues Farias<sup>3</sup>, Fernando Morais Rodrigues<sup>4</sup>, Paulo Vitoriano Dantas Pereira<sup>5</sup>, Sérgio Luis Melo Virolí<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Curso Superior de Tecnologia de Alimentos – IFTO. e-mail: <larissecosta500@gmail.com>

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

<sup>3</sup> Ensino Médio Integrado ao Técnico em Agroindústria – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <ingridcosta301@gmail.com>

<sup>4</sup> Docente do Curso de Tecnologia de Alimentos – IFTO. e-mail: <fernandomorais@ifto.edu.br >

<sup>5</sup> Docente do Curso de Licenciatura em Matemática – IFTO. e-mail: <paulo.pereira@ifto.edu.br>

<sup>6</sup> Docente do Curso de Licenciatura em Química – IFTO. e-mail: <virolí@ifto.edu.br>

**Resumo:** Durante o processamento do suco de laranja são usados processos de aquecimento, pasteurização, concentração e a utilização de baixas temperaturas para a preservação da qualidade desses produtos. Os modelos matemáticos para previsibilidade da massa específica em função da temperatura representam uma adequação de ampliar a eficiência de tratamentos térmicos no processamento de suco e alternativa na substituição da determinação experimental destes parâmetros, o qual pode ser muito oneroso para a indústria. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar a massa específica do suco de laranja em diferentes temperaturas, e propor um modelo polinomial específico para predição desta propriedade. A massa específica do suco foi determinada nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 °C, na concentração de 9,8 °Brix, seguindo o método descrito pela AOAC. Os picnômetros foram previamente calibrados com água destilada em cada temperatura do experimento e as temperaturas foram controladas através do banho termostato e por meio dos termômetros presentes nos próprios picnômetros. Os valores médios da massa específica obtidos para o suco de laranja tenderam a diminuir com o aumento da temperatura. Estudos realizados por outros pesquisadores com outras frutas observaram que a massa específica da polpa de melancia é diretamente proporcional a concentração e inversamente a temperatura. O modelo polinomial que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o modelo com quatro termos, pois apresentou maior coeficiente de determinação  $R^2 = 1$ . 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:** massa específica, suco de laranja, temperatura

### 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de suco de laranja, sendo que 75% da fruta provem do Estado de São Paulo. O suco desta fruta é considerado fonte de nutrição e saúde (FERRAREZI, SANTOS e MONTEIRO, 2010). Suco de laranja é uma bebida não fermentada e não diluída, obtida da parte comestível da laranja que apresenta sólidos solúveis no mínimo de 10,5 °Brix, ratio (relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável) mínimo de 7,0, açúcares totais máximo de 13,0 g/100 g e ácido ascórbico mínimo de 25 mg/100 g (BRASIL, 2000). O suco de laranja fresco é amplamente consumido, devido ao seu sabor agradável e por representar uma importante fonte de vitamina C, minerais e carboidratos. (OLIVEIRA et.al. 2006). O processamento de suco de laranja 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 do suco de laranja são usados processos de aquecimento, pasteurização, concentração e a utilização de baixas temperaturas para a preservação da qualidade desses produtos. (LIMA, 2003). 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). Em operações unitárias como a secagem, a defumação, o branqueamento, a fritura e o cozimento ocorrem transferências simultâneas de calor e massa. Tais fenômenos provocam variações no volume dos alimentos, tanto de contração, devido à perda de umidade, como de expansão devido à dilatação de gases e/ou líquidos ou à formação de poros no material, o que também faz sua massa específica mudar (SOUZA, 2008). Os modelos matemáticos para previsibilidade da massa específica em função da temperatura representam uma adequação de ampliar a eficiência de tratamentos térmicos no processamento de suco e alternativa na substituição da determinação experimental destes parâmetros, o qual pode ser muito oneroso para a indústria (EGEA et al., 2015). O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar a massa específica do suco de laranja em diferentes temperaturas, e propor um modelo polinomial específico para predição desta propriedade.

## **2 METODOLOGIA**

Durante os meses de outubro a dezembro de 2018, foram adquiridas laranjas no comércio local na Cidade de Paraíso do Tocantins. As laranjas foram acondicionadas em caixas térmicas e transportadas para o Laboratório de alimentos do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins – IFTO campus Paraíso do Tocantins onde foram realizadas etapas de lavadas, higienizadas,

e extração de três (3) litros de suco. A massa específica do suco foi determinada nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 °C, na concentração de 9,8 °Brix, seguindo o método descrito pela AOAC (2000). Os picnômetros foram previamente calibrados com água destilada em cada temperatura do experimento e as temperaturas foram controladas através do banho termostato e por meio dos termômetros presentes nos próprios picnômetros. O cálculo da massa específica foi realizado através da equação.  $\rho = m/v$  na qual, “ $\rho$ ” representa a massa específica do produto ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ); “ $v$ ” o volume do picnômetro ( $\text{m}^3$ ) e “ $m$ ” a massa do produto (kg). Quanto a modelagem matemática da massa específica do suco de laranja, 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 “ $T$ ” é a Temperatura (°C); “ $a$ ”,  $b$ , “ $c$ ” e “ $d$ ” são coeficientes das equações. 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 programa estatístico. Todos os experimentos foram realizados em triplicata e para o cálculo foi utilizado à média dos valores obtidos nos experimentos. Os dados do suco de laranja foram analisados através do programa estatístico computacional Sisvar.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 demonstra os valores experimentais da massa específica do suco de laranja nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C.

TABELA 1 – Massa específica média do suco de laranja em função da temperatura

° Brix	Temperatura °C	Massa específica ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )
9,8	20	1054,36 $\pm$ 0,1
	30	1050,92 $\pm$ 0,0
	40	1047,98 $\pm$ 0,0
	50	1045,81 $\pm$ 0,1

FONTE: Autora

De a cordo com exposto na tabela 01, os valores médios da massa específica obtidos para o suco de laranja tenderam a diminuir com o aumento da temperatura. Guedes et al. (2010), estudando a massa específica da polpa de melancia, observaram que a massa específica é diretamente proporcional a concentração e inversamente a temperatura. Ramos e Ibarz (1998) determinando valores experimentais para densidade em diferentes concentrações e temperaturas obtiveram valores de massa específica, para o suco de laranja, variando de  $1055,19 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a 20 °C e  $1046,04 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a 50°C, na concentração de 10 °Brix, valores esses maiores comparáveis aos obtidos nesse trabalho em razão da concentração, analisada por eles, ser maior que a concentração do suco usado nesse trabalho (9,8 °brix). Alves et al

(2016), encontraram valores de massa específica, para o suco de laranja, variando de 1032,43 kg.m<sup>-3</sup> a 30°C a 1024,29 kg.m<sup>-3</sup> a 50°C, na concentração de 9,5 °Brix, valores esses menores comparáveis aos obtidos nesse trabalho em razão da concentração, analisada por eles, ser menor que a concentração do suco usado nesse trabalho (9,8 °brix). Na Tabela 2 encontram-se duas equações polinomiais que foram utilizadas para descrever o efeito da temperatura sobre a variação da densidade do suco de laranja e seus respectivos coeficientes de determinações.

**TABELA 2** – Equações propostas para o cálculo da massa específica do suco de laranja em função da temperatura

°Brix	Equações	a	b	c	d	R <sup>2</sup>
	$\rho = a + bT$	1059,77	-0,2859	-----	-----	0,990143
9,8	$\rho = a + bT + cT^2$	1063,27	-0,5082	0,00317	-----	0,999912
	$\rho = a + bT + cT^2 + dT^3$	1061,66	0,352	-0,0015	0,000045	1

$\rho$  – Massa específica (kg.m<sup>-3</sup>); T – Temperatura (°C); a,b,c,d – coeficientes; R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação

O modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o modelo polinomial com quatro termos, pois o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) foi igual a 1. Dantas Junior et al. (2007) elaborando modelos para predição da massa específica observou que modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o modelo polinomial com quatro termos, com R<sup>2</sup>=0,9979.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A massa específica do suco de laranja variou de 1054,36 ± 0,1 a 1045,81 ± 0,1 kg.m<sup>-3</sup> e com as temperaturas de 20 a 50 °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<sup>2</sup> = 1. Os outros dois modelos também poderiam ser utilizados, pois apresentaram valores de R<sup>2</sup>>0,99, também considerando um bom ajuste aos dados experimentais.

## REFERÊNCIAS

ALVES, M. N. M.; SANTOS, D. A.; MELO, J. C. S.; COSTA, C. H. C.; Feitosa, R. M. **Efeito da temperatura na massa específica do suco da laranja**. In: Congresso Brasileiro de Química-CBQ, 2016, Belém. Congresso Brasileiro de Química-CBQ, 2016.

ALVES, M. N. M.; SANTOS, D. A.; MELO, J. C. S.; COSTA, C. H. C.; BADARO, A. D. S. **Avaliação De Modelos Polinomiais Para Estimar A Massa Específica Da Polpa De Goiaba**. In: Congresso Brasileiro de Química-CBQ, 2017, Gramado RS. Congresso Brasileiro de Química-CBQ, 2017.

AOAC: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNATIONAL. 17th ed., AOAC International, Arlington, 2000.

BRASIL. MAPA. Instrução Normativa nº 01, de 07/01/2000. **Diário Oficial**, Brasília, DF, 2000

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.

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.

FERRAREZI, A. C.; SANTOS, K. O. dos. MONTEIRO, M. **Avaliação crítica da legislação brasileira de sucos de fruta, com ênfase no suco de fruta pronto para beber**. Revista Nutrição, Campinas, 23(4): 674; 676 jul./ago., 2010.

GUEDES, D. B.; RAMOS, A. M.; DINIZ, M. D. M. S. **Efeito da temperatura e da concentração nas propriedades físicas da polpa de melancia**. Brazilian Journal Food Technology, v. 13, n. 4, p. 279-285, 2010.

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 53º Congresso Brasileiro De Química, Rio de Janeiro

OLIVEIRA J. C.; SETTI, P. P.; SIQUEIRA K. A. G.; SANTOS A. C.; MIGUEL M. A. L. **Características microbiológicas do suco de laranja in natura**. Instituto de Ciências Biomédicas, Departamento de Farmacologia Básica e Clínica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2006.

RAMOS, A. M.; IBARZ, A. **Density of juice and fruit puree as a function of soluble solids content and temperature**. Oxford, v. 35, n. 1, p. 57-63, 1998.

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