



SUCO DE *Physalis peruviana*: DILUIÇÃO E MONITORAMENTO POR ANÁLISE DE IMAGEM

SILVANA LICODIEDOFF¹; MARCELO KAMINSKI LENZI²; ANA MERY DE OLIVEIRA CAMLOFSKI¹; ROSSANA CATIE BUENO DE GODOY³; LUCIANO ANDRÉ DEITOS KOSLOWSKI⁴

INTRODUÇÃO

O gênero *Physalis* é uma frutífera que pertence à família *Solanaceae*, cuja ocorrência se dá em regiões temperadas, quentes e subtropicais de todo o mundo. As espécies comumente encontradas no Brasil são a *Physalis angulata* e *peruviana*, sendo o Rio Grande do Sul o principal produtor desses frutos (LANCHERO et al., 2007). A industrialização possibilita a diversificação da forma de consumo do fruto. Entre os produtos que podem ser desenvolvidos, a produção de sucos é uma atividade promissora, devido ao valor agregado e a praticidade oferecida ao consumidor (SANCHO et al., 2007).

Para avaliar as propriedades do suco, a indústria utiliza métodos como a medida da densidade e da viscosidade e instrumentos como espectrofotômetro e eletroforese capilar com detecção condutivimétrica que além do alto custo, requer certo tempo para resposta o que muitas vezes inviabiliza algumas avaliações (NITRA, 2011). O uso de imagens é uma técnica de grande valia para alimentos por se tratar de um procedimento de precisão/exatidão que não destrói a amostra em análise, o que confere à técnica uma vasta gama de aplicações, tornando possível analisar os elementos gráficos das imagens por meio de “pixels”, que diferenciam padrões e obtêm relações numéricas entre eles (ZHENG et al., 2006). Neste contexto, este trabalho teve por objetivo obter um modelo de predição de caracterização físico-química de suco de *Physalis peruviana* aplicando análise de imagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Frutos de *Physalis peruviana*, cedidas pela empresa Italbraz® localizada na região de Vacaria-RS, foram separadas do cálice, selecionadas e homogeneizadas no multiprocessador de

¹ Doutoranda do programa de pós-graduação, Universidade Federal do Paraná, email: siolico@yahoo.com.br

² Professor do Depto Eng. Química, Universidade Federal do Paraná, email: lenzi@ufpr.br

³ Pesquisadora Embrapa Floresta, Colombo-PR, email: catie.godoy@gmail.com

⁴ Professor do Depto Eng. Química, Universidade da Região de Joinville-SC, email: lucianoandre@yahoo.com

alimentos por 3 min na velocidade 25.000 rpm. As amostras de suco e suas diluições foram pesadas em balança analítica (BioPrecisa, modelo: FA 2104N, precisão: 0,0001) e variaram de 100, 80, 70, 60, 50, 35, 20, 10, 5 e 0% do suco. Cada diluição foi preparada separadamente e transferida para uma cubeta de poliestireno (Kartell SPA, Itália), com 0,1 m de caminho de luz e 4,5 mL de capacidade, acomodadas uma ao lado da outra dentro de uma câmara com fonte de luz para serem fotografadas com a máquina Olympus D-595 (5,0 Mega pixels), com zoom fixo em 1x e posicionada a 25 centímetros para fora da câmara, a fim de emoldurar todas as cubetas em uma fotografia única. Analisadas separadamente e processadas por um software multi-tarefa, por meio do sistema de cores R, G e B correspondente a Red-Green-Blue (KHATCHATOURIAN; PADILHA, 2008). Cada retângulo contendo 16 mil pixels foram selecionados para a decomposição de cor, suficiente para garantir a robustez do processo de análise de imagem e garantir baixas bandas e intervalos médios de confiança para cada componente de cor de cada amostra.

As diluições foram analisadas quanto ao teor de sólidos solúveis totais (SST) expressos em °Brix, densidade utilizando-se um densímetro (marca ANTON – PARR – DMA 5000) com faixa de medição de 0 a 3 e resolução de 10^{-6} g/cm³; a condutividade elétrica, com condutivímetro (marca BUNKER) e faixa de medição de 0 a 1999, resolução de 10^{-1} µS/cm e a viscosidade do suco foi obtida utilizando o viscosímetro (Brookfield modelo RV-II+Pro), acoplado ao *software* Rheocalc versão V3.1-1 com resolução 10^{-3} expresso mPa.s. Os resultados foram obtidos após a captura das imagem fotograficas. Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

O ajuste dos dados experimentais do suco e suas diluições por cento, em massa, foi possível, considerando o método dos mínimos quadrados como função objeto, usando modelos com dependência linear dos parâmetros. Para estimativa dos parâmetros, foi usado o método de Levenberg-Marquadt que utiliza um único critério de convergência dado por 10^{-6} (MARQUADT, 1963), e o valor 1,0 para estimativa inicial devido à linearidade do problema. Testes de validação do modelo e cálculos de parâmetros de variância foram adotados utilizando o procedimento adotado por Isfer et al. (2010).

É importante salientar que a amostra de teste contendo 20% em massa de suco foi utilizada apenas para validação do modelo e não para estimativa de parâmetros. Isso porque a validação do modelo não só compreende a previsão do modelo, mas também o desvio padrão da sua previsão. Nesse sentido, apenas variância e covariância do parâmetro foram considerados, conseqüentemente, o desvio padrão da previsão do modelo é dada pela Equação (1).

$$s_{\text{mass}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{\text{NP}} \left(\frac{\partial \text{mass}}{\partial a_i} \right)^2 \cdot s_{a_i}^2 + 2 \cdot \sum_{i=1}^{\text{NP}-1} \sum_{j=i+1}^{\text{NP}} \left(\frac{\partial \text{mass}}{\partial a_i} \right) \cdot \left(\frac{\partial \text{mass}}{\partial a_j} \right) \cdot s_{a_i-a_j}^2} \quad (\text{Equação 1})$$

onde: NP é o número de parâmetros; $s_{a_i}^2$ é o parâmetro variância a_i ; $s_{a_i-a_j}^2$ é a covariância dos parâmetros a_i e a_j .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para análise dos resultados, os modelos foram divididos em classes segundo o número de parâmetros, cujos melhores ajustes se deram com 3 parâmetros como pode ser constatado na Figura 1. Essa quantidade foi definida com o intuito de evitar sobreparametrização e possível ajuste de erro experimental.

Tabela 1- Resultados físico-químicos e cor (R, G, B) do suco de *Physalis peruviana*

MISTURA	COND. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SST ($^{\circ}\text{Brix}$)	DENS. (g/cm^3)	VISC. ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	R	G	B
M0	$20,0 \pm 0,1$	$0,00 \pm 0,00$	$0,998169 \pm 0,000003$	$2,155 \pm 0,192$	$151,69 \pm 0,03$	$154,70 \pm 0,03$	$159,84 \pm 0,03$
M5	$662,9 \pm 0,3$	$1,02 \pm 0,02$	$1,001459 \pm 0,000052$	$2,907 \pm 0,569$	$159,58 \pm 0,02$	$156,95 \pm 0,04$	$122,32 \pm 0,03$
M10	$1213,0 \pm 0,7$	$1,88 \pm 0,07$	$1,005513 \pm 0,000114$	$4,570 \pm 0,971$	$173,41 \pm 0,02$	$156,99 \pm 0,04$	$69,72 \pm 0,03$
M20	$2185,0 \pm 2,9$	$3,62 \pm 0,07$	$1,012846 \pm 0,000074$	$6,926 \pm 1,738$	$173,40 \pm 0,02$	$156,91 \pm 0,04$	$69,11 \pm 0,02$
M35	$3377,5 \pm 11,1$	$5,93 \pm 0,09$	$1,023645 \pm 0,000159$	$13,696 \pm 3,124$	$175,82 \pm 0,02$	$141,54 \pm 0,07$	$33,18 \pm 0,02$
M50	$4422,5 \pm 8,5$	$8,50 \pm 0,06$	$1,035809 \pm 0,000028$	$21,170 \pm 3,853$	$174,98 \pm 0,03$	$137,90 \pm 0,08$	$37,45 \pm 0,03$
M60	$5472,5 \pm 27,5$	$10,53 \pm 0,03$	$1,043566 \pm 0,000154$	$25,032 \pm 7,079$	$172,26 \pm 0,03$	$131,01 \pm 0,07$	$32,48 \pm 0,03$
M70	$5542,5 \pm 11,8$	$12,23 \pm 0,09$	$1,052325 \pm 0,000777$	$43,263 \pm 9,219$	$166,63 \pm 0,03$	$124,28 \pm 0,06$	$27,66 \pm 0,03$
M80	$5645,0 \pm 19,4$	$13,80 \pm 0,12$	$1,058767 \pm 0,000051$	$86,987 \pm 16,272$	$156,18 \pm 0,03$	$113,18 \pm 0,04$	$25,55 \pm 0,03$
M100	$5915,0 \pm 23,3$	$16,93 \pm 0,09$	$1,075062 \pm 0,000396$	$239,632 \pm 22,656$	$145,88 \pm 0,03$	$104,40 \pm 0,04$	$26,30 \pm 0,03$

Sistemas de cores R=Red; G=Green; B=Blue e M= Massa

Ao analisar esses dados, pode-se constatar que o uso da análise de imagem e densidade contribui para a predição da composição e estão presentes nos modelos com três e quatro parâmetros. No entanto, ao considerar um número maior de parâmetros, tem-se uma diminuição na qualidade do modelo, que por sua vez resulta em previsões pobres. Com essas informações, verifica-se que a análise de imagem é uma ferramenta de grande valia no desenvolvimento de sensores online para o monitoramento da diluição do suco de *Physalis in natura*.

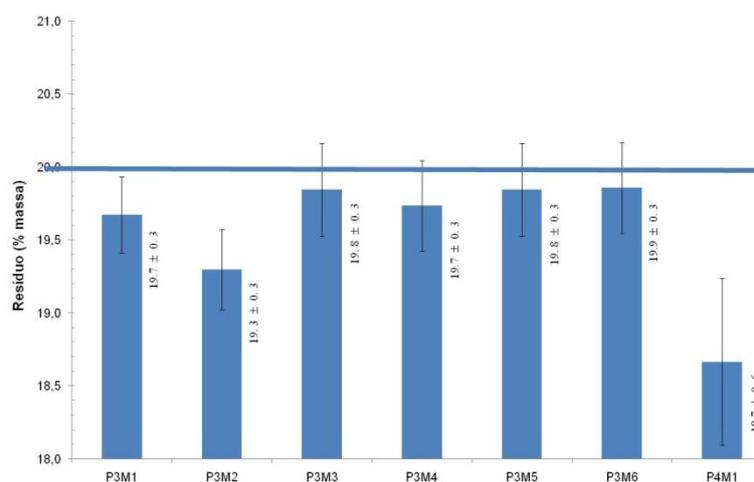


Figura 1 – Predição do percentual de massa de modelos estimados

P3M1-parâmetro 3 modelo 1

P3M2-parâmetro 3 modelo 2

P3M3-parâmetro 3 modelo 3

P3M4-parâmetro 3 modelo 4

P3M5-parâmetro 3 modelo 5

P3M6-parâmetro 3 modelo 6

P4M1-parâmetro 4 modelo 1

Ao ser analisado os modelos 3.6 (P3M6) e 4.1 (P4M1), pode-se verificar que o melhor ajuste e a menor função objetivo, respectivamente, são inversamente proporcionais ao número de

parâmetros. Dessa forma, o resultado das análises físico-químicas quando acoplados à imagem contribui com o monitoramento da diluição do suco, assim como para a classificação de refrigerantes, conforme relatado por Godinho et al. (2008).

CONCLUSÕES

Os modelos lineares com melhor desempenho e erro de predição foram obtidos com três parâmetros (P3M6) utilizando a análise de imagem para suco de *Physalis*.

REFERÊNCIAS

- GODINHO, M. S.; PEREIRA, R. O.; RIBEIRO, K. O.; SCHIMIDT, F.; OLIVEIRA, A. E. Classificação de refrigerantes através de análise de imagens e análise de componentes principais (PCA). **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 6, p. 1485-1489, 2008.
- KHATCHATOURIAN, O.; PADILHA, F. R. R. Reconhecimento de variedades de soja por meio do processamento de imagens digitais usando redes neurais artificiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 759-769, 2008.
- ISFER, L. A. D; LENZI, M. K.; LENZI, E. K. Identification of biochemical reactors using fractional differential equations. **Latin American Applied Research**, Bahia Blanca, v. 40, n. 2, p. 193-198, 2010.
- LANCHERO, O.; VELANDIA, G.; FISCHER, G.; VARELA, N. C.; GARCIA, H. Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) em poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. **Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, Bogotá, v. 1, n. 1, p. 61-68, 2007.
- MARQUARDT, D. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. **SIAM Journal of Society for Industrial and Applied Mathematics**, v. 11, p. 431-441, 1963.
- NITRA, N.; SAOWANIT, B.; PLUBPLUENG, T. Rapid Screening of Antioxidant Compounds in Homemade Fruit Fermented Juice Using an On Line LC-ESI-MS/MS and DPPH Assay. **Chiang Mai Journal of Science**, China, v. 38, n. 3, p. 430-438, 2011.
- SANCHO, S. O.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; RODRIGUES, S.; SOUSA, P. H. M. S. Alterações químicas e físico-químicas no processamento de suco de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 878-882, 2007.
- ZHENG, C. X.; SUN, D. W.; ZHENG, L. Y. Recent applications of image texture for evaluation of food qualities - A review. **Trends in Food Science & Technology**, Irlanda, v. 17, n. 3, p. 113-128, 2006.