

CARACTERIZAÇÃO DE TRÊS VARIEDADES DE BATATA-DOCE PARA ESTUDO DA CINÉTICA DE FORMAÇÃO DE ACRILAMIDA EM *CHIPS* PROCESSADOS EM *AIR FRYER*

Palavras-Chave: *Ipomoea batatas*, compostos bioativos, compostos tóxicos

Autores:

Guilherme Furhmann Barbiero [FEA – Unicamp]

Stéphanie Camargo [FEA – Unicamp]

David Silva da Costa [FEA – Unicamp]

Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de Faria [DPPG– IFMT]

Cristiane Lopes Pinto Ferreira (coorientadora) [FEA – Unicamp]

Prof.^a. Dr^a. Adriana Pavesi Arisseto Bragotto (orientadora) [FEA – Unicamp]

INTRODUÇÃO:

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é uma raiz tropical que apresenta elevada resistência a diferentes condições ambientais. É uma cultura que tem sido amplamente empregada, em função de suas características nutricionais, na formulação de *snacks* com apelo saudável. Nesse contexto, novas técnicas de processamento térmico, como o uso de *air fryer*, têm sido utilizadas como alternativa à fritura por imersão em óleo.

Apesar do papel exercido na segurança microbiológica e na qualidade nutricional dos alimentos, o processamento térmico está frequentemente ligado à formação de compostos tóxicos (Mogol & Gökmen, 2016), como a acrilamida. A acrilamida é um composto químico genotóxico, neurotóxico, carcinogênico e com potenciais efeitos na reprodução, cuja formação é influenciada pelas condições de temperatura, atividade de água, pH, pelo tipo e o tempo de processamento térmico, assim como pela ocorrência de seus precursores (Varma & John, 2022 *apud* Khezerlo *et al.*, 2018; Morales *et al.*, 2008). A formação de acrilamida também pode ser influenciada pelo potencial antioxidante do alimento, podendo ser menor, quanto maior for o potencial antioxidante da matriz em estudo (Jin, Wu & Zhang, 2013). Nesse sentido, os compostos antioxidantes podem influenciar a cinética de formação de acrilamida, haja vista a capacidade de captura de radicais livres e de intermediários da reação de Maillard, que contribuem para formação desse composto (Shrivastava *et al.*, 2023; Cheng *et al.*, 2015).

Dada a existência de potenciais riscos à saúde resultantes da exposição à acrilamida pela dieta, este trabalho teve como objetivo a caracterização de amostras de batata-doce em função da presença de compostos fenólicos, antocianinas e carotenoides, e a verificação da influência do processamento térmico na concentração desses compostos em chips processados em *air fryer* a 180°C, nos tempos 3, 5 e 7 minutos.

METODOLOGIA:

As amostras de mercado das batatas-doces de casca rosa e polpa creme (RC), casca roxa e polpa roxa (RR) e casca rosa e polpa laranja (RL) foram obtidas em estabelecimentos nas cidades de Campinas, Jundiá e São Paulo. Os cultivares foram transportados ao Laboratório de Toxicologia de Alimentos, onde foram mantidos sob refrigeração a 3,5°C ± 1°C até o dia de processamento. As batatas-doces foram higienizadas e descascadas manualmente em água corrente e fatiadas longitudinalmente, com 1,5 mm ± 0,2 mm de espessura, em

multiprocessador de vegetais. Os chips foram processados em *air fryer* a 180°C nos tempos 3, 5 e 7 minutos, resfriados e, em seguida, triturados e armazenados à -13°C ± 1°C.

A análise de compostos fenólicos foi feita nas variedades de batata-doce RC, RR e RL, de acordo com a metodologia de Folin-Ciocalteu (Singleton, Orthofer & Lamuela-Raventós, 1999). A extração dos polifenóis foi feita de acordo com a metodologia de Fu *et al.* (2016), e a leitura das absorbâncias foi determinada em leitor de microplacas UV/vis (FLUOstar Omega, BMG Labtech) em 760 nm, após uma incubação a 30°C por 30 minutos. O extrato obtido para as três variedades de batata-doce pode ser verificado na Figura 1.

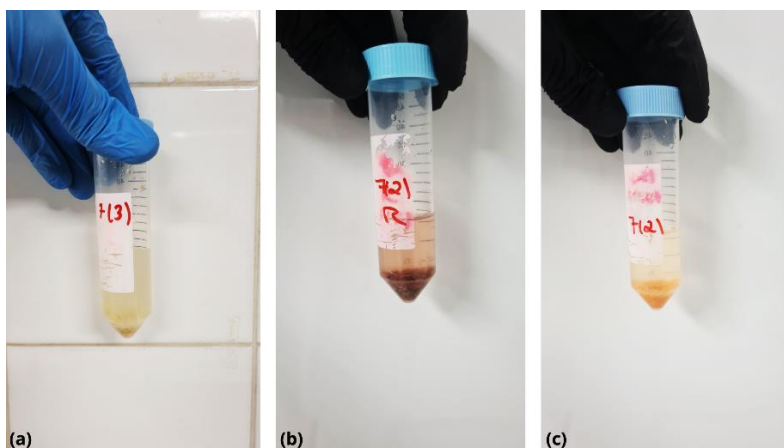


Figura 1 - Extratos obtidos para análise de polifenóis nas variedades de polpa creme (a), polpa roxa (b) e polpa laranja (c).

A quantificação de antocianinas foi feita para a batata-doce RR, através do método espectrofotométrico por pH diferencial, segundo a metodologia de Fuleki & Francis (1965) e Pereira (2021), com modificações. A medida das absorbâncias foi realizada simultaneamente em 520 nm e 700 nm em leitor de microplacas UV/vis (FLUOstar Omega, BMG Labtech). Os extratos obtidos podem ser verificados na Figura 2.

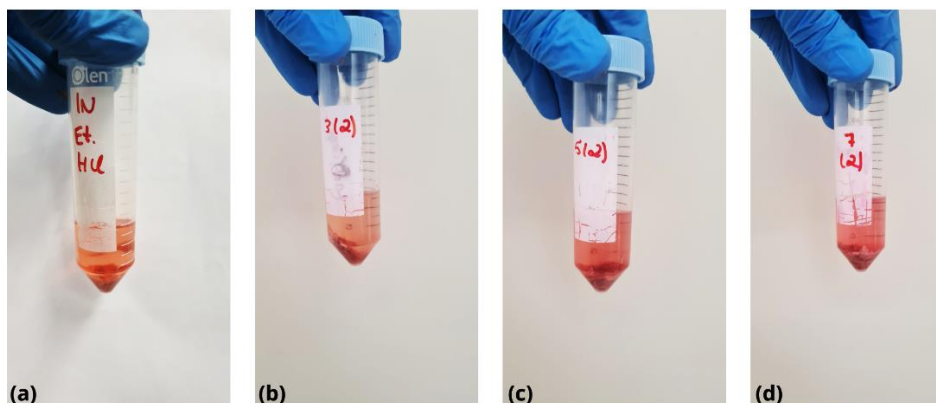


Figura 2 - Extratos obtidos para análise de antocianinas na batata-doce *in natura* (a) e após processamento térmico em 3 min (b), 5 min (c) e 7 min (d).

A análise de carotenoides foi realizada nas amostras de batatas-doces RL, conforme a metodologia de Rodriguez-Amaya & Kimura (2004), com modificações. A leitura das absorbâncias foi determinada em leitor de microplacas UV/vis (FLUOstar Omega, BMG Labtech) em 450 nm. Os extratos obtidos para quantificação de carotenoides podem ser vistos na Figura 3.

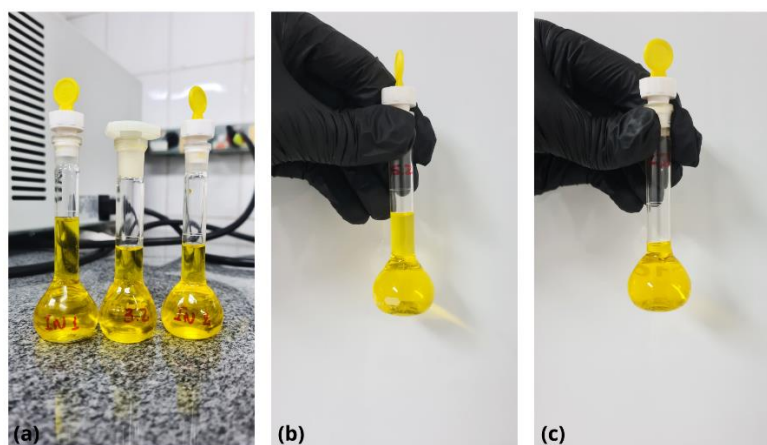


Figura 3 – Extratos obtidos para quantificação de carotenoides na batata-doce *in natura* e após processamento térmico em 3 min (a) e para as amostras processadas em 5 min (b) e 7 min (c).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os resultados obtidos na quantificação de polifenóis totais, expressos em mg EAG/100g de amostra seca \pm desvio padrão, estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Concentração de compostos fenólicos nas batatas-doces *in natura* e após o processamento térmico, expressos em mg EAG/100g de amostra seca \pm desvio padrão.

	RC	RR	RL
<i>In natura</i>	137,06 \pm 0,15	359,12 \pm 3,44	225,93 \pm 0,61
3 min	73,19 \pm 2,98	303,67 \pm 5,52	200,98 \pm 7,35
5 min	56,38 \pm 5,31	185,77 \pm 15,84	135,74 \pm 9,82
7 min	147,42 \pm 5,65	213,51 \pm 20,14	152,49 \pm 9,30

As maiores concentrações de compostos fenólicos foram obtidas para a batata-doce RR, seguida pela variedade RL e pela variedade RC, comportamento semelhante ao observado por Franková *et al.* (2022). Em termos de concentrações, este estudo obteve valores maiores para a batata-doce *in natura* em comparação àqueles encontrados por Franková *et al.* (2022), cujos valores médios foram de 15,70 mg EAG/100 g para a batata-doce RC, 62,30 mg EAG/100 g para a batata-doce RR e 41,30 mg EAG/100 g para a batata-doce RL. A concentração de polifenóis obtida para a batata-doce RR encontra-se entre aquelas observadas por Im, Kim & Lee (2021), cujos valores variaram entre 180 e 737 mg EAG/100 g. Quanto à batata-doce RL, Nicoletto, Vianello & Sambo (2018) obtiveram um teor médio de polifenóis de 207,40 mg EAG/100g, semelhante ao verificado por este estudo. De acordo com Musilova *et al.* (2024), diferenças nas concentrações podem ser explicadas, tanto por alterações de variedades e genótipos, quanto por fatores climáticos e ambientais, assim como pelo grau de maturação do cultivar e pelo método de extração. Em relação ao potencial antioxidante, são esperados que os maiores valores sejam obtidos para as batatas-doces de polpa roxa e polpa laranja, pela maior concentração de polifenóis nas amostras, ao passo que os menores valores sejam observados na variedade de polpa creme.

Em relação às amostras processadas termicamente, observa-se uma redução do teor de polifenóis conforme aumenta-se a duração do processo para os tempos 3 e 5 minutos. Para a variedade RC, a redução do conteúdo foi de 46,60% e 58,86% após processamento térmico em 3 e 5 minutos, respectivamente. Para a variedade RR, a redução do conteúdo foi de 15,44% após processamento em 3 minutos e de 48,28% após 5 minutos. Quanto à variedade RL, a redução observada no teor de polifenóis foi de 11,04% e 39,92% após o processamento térmico em 3 e 5 minutos, respectivamente. Para as amostras processadas por 7 minutos, houve um aumento da concentração de polifenóis em comparação com aquelas processadas ao longo de 5 minutos. De acordo com Dincer *et al.* (2011), esse aumento pode ser atribuído à liberação de polifenóis como resultado da hidrólise das ligações glicosídicas durante o processamento térmico.

Os resultados obtidos na quantificação de antocianinas na batata-doce RR, expressos em mg equivalentes de cianidina-3-glicosídeo/100g de amostra \pm desvio padrão, estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Concentração de antocianinas em batata-doce de casca roxa e polpa roxa *in natura* e após o processamento térmico, expresso em mg equivalentes de cianidina-3-glicosídeo/100g de amostra \pm desvio padrão.

	Concentração antocianinas (cyd-3-glu/100 g fw)	Matéria seca (%)	Concentração antocianinas (cyd-3-glu/100 g dw)
In natura	1,42 \pm 0,20	23,40	6,07 \pm 0,86
3 min	2,27 \pm 0,64	36,20	6,28 \pm 1,76
5 min	2,44 \pm 0,19	45,47	5,36 \pm 0,42
7 min	5,18 \pm 1,08	56,73	9,13 \pm 1,90

Valores são expressos como média \pm desvio padrão. FW: massa fresca; DW: massa seca.

O teor de antocianinas na batata-doce *in natura* é inferior ao encontrado em outros estudos. Teow *et al.* (2006) obtiveram valores que variaram de 3,00 a 53,10 mg/ 100 g de amostra fresca, enquanto Rodríguez-Mena *et al.* (2023) afirmam que o teor do pigmento em batata-doce roxa varia de 331 a 1390 mg/100 g de amostra fresca. Observa-se que para a batata-doce processada termicamente em 3 e 5 min ocorre uma variação de 3,46% e 11,70%, respectivamente, na concentração de antocianinas quando comparada à batata-doce *in natura*. Musilova *et al.* (2020), justificam o incremento da concentração de antocianinas após processamento térmico pela formação de pigmentos de maior estabilidade, cujas concentrações aumentam com a temperatura.

Os resultados obtidos na quantificação de carotenoides na batata-doce RL, expressos em mg/100g de amostra seca \pm desvio padrão, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Teor de carotenoides em batata-doce de casca rosa e polpa laranja *in natura* e após o processamento térmico, expressos em mg/100g de amostra seca \pm desvio padrão.

	Concentração de carotenoides (mg/100 g)
In natura	21,39 \pm 0,26
3 min	17,68 \pm 1,01
5 min	13,67 \pm 1,31
7 min	14,95 \pm 0,53

O teor de carotenoides obtido neste estudo para a batata-doce *in natura* está dentro do intervalo de concentração observado na literatura, à exemplo de Ishiguro *et al.* (2010), que obtiveram valores que variaram de 13,50 mg/100 g a 39,90 mg/100 g, enquanto Tomlins *et al.* (2012) encontraram valores variando de 2,82 a 21,60 mg/100 g. Para as batatas-doces processadas termicamente é possível observar, para os tempos 3 e 5 minutos uma queda na concentração de carotenoides, conforme aumenta-se o tempo de processamento. Segundo Donado-Pestana *et al.* (2012), o processamento térmico pode levar à diminuição no teor de carotenoides, uma vez que estes compostos são susceptíveis à degradação e à isomerização a altas temperaturas. Observou-se que nas amostras processadas ao longo de 7 minutos, houve aumento da concentração em comparação ao tempo 5 minutos. Donado-Pestana *et al.* (2012) afirmam que esse comportamento pode ser consequência do colapso da estrutura celular, que facilita a extração dos compostos de interesse da matriz em estudo.

CONCLUSÕES:

A partir deste estudo foi possível observar que existe uma relação entre a coloração da polpa e a concentração de polifenóis totais nas amostras, onde detectou-se maiores teores para a batata-doce de polpa roxa, seguida pela variedade de polpa laranja e pela variedade de polpa creme. Além disso, foi possível concluir que, em geral, o processamento térmico tende a diminuir a concentração de compostos bioativos de interesse, na matriz desses vegetais. Os resultados obtidos serão utilizados para verificar a existência de relação entre a presença dos compostos investigados e a formação de acrilamida.

BIBLIOGRAFIA

- CHENG, Jun et al. Antioxidant-capacity-based models for the prediction of acrylamide reduction by flavonoids. **Food Chemistry**, v. 168, p. 90-99, 2015.
- DINCER, C. et al. Effects of baking and boiling on the nutritional and antioxidant properties of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] cultivars. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 66, p. 341-347, 2011.
- DONADO-PESTANA, C.M. et al. Stability of carotenoids, total phenolics and in vitro antioxidant capacity in the thermal processing of orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) cultivars grown in Brazil. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 67, p. 262-270, 2012.
- FRANKOVÁ, H. et al. Changes in antioxidant properties and phenolics in sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.) due to heat treatments. **Molecules**, v. 27, n. 6, p. 1884, 2022.
- FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. **Journal of Food Science**, v. 33, n. 1, p. 72-77, 1968.
- IM, Y.R.; KIM, I.; LEE, J. Phenolic composition and antioxidant activity of purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.): Varietal comparisons and physical distribution. **Antioxidants**, v. 10, n. 3, p. 462, 2021.
- ISHIGURO, Koji et al. Composition, content and antioxidative activity of the carotenoids in yellow-fleshed sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.). **Breeding Science**, v. 60, n. 4, p. 324-329, 2010.
- MOGOL, B.A.; GÖKMEN, V. Thermal process contaminants: Acrylamide, chloropropanols and furan. **Current Opinion in Food Science**, v. 7, p. 86-92, 2016.
- MORALES, F. et al. Mitigation Strategies to Reduce Acrylamide Formation in Fried Potato Product. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1126, n. 1, p. 89-100, 2008.
- MUSILOVA, J. et al. Comparison of polyphenols, phenolic acids, and antioxidant activity in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) tubers after heat treatments. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 18, p. 101271, 2024.
- MUSILOVA, J. et al. Influence of heat treatments on the content of bioactive substances and antioxidant properties of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) tubers. **Journal of Food Quality**, v. 2020, n. 1, p. 8856260, 2020.
- NICOLETTO, C.; VIANELLO, F.; SAMBO, P. Effect of different home-cooking methods on textural and nutritional properties of sweet potato genotypes grown in temperate climate conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 2, p. 574-581, 2018.
- PEREIRA, E.P. Batata-doce de polpa roxa: armazenamento e caracterização pós-colheita. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília, Brasília 2021.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. HarvestPlus handbook for carotenoid analysis. [s.l.] International Food Policy Research Institute (IFPRI) Washington, v. 2, 2004.
- RODRÍGUEZ-MENA, A. et al. Coloring potential of anthocyanins from purple sweet potato paste: Ultrasound-assisted extraction, enzymatic activity, color and its application in ice pops. **Food Chemistry Advances**, v. 3, 2023.
- SHRIVASTAVA, S. et al. Curative efficacy of polyphenols against acrylamide induced toxicity and analysis of acrylamide in Indian food by LCMS method. **Food Chemistry Advances**, v. 3, p. 100522, 2023.
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In: *Methods in enzymology*. [s.l.] Elsevier, v. 299, p. 152-178, 1999.
- TEOW, C.C. et al. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. **Food Chemistry**, v. 103, n. 3, p. 829-838, 2007.
- TOMLINS, K. et al. Relationship among the carotenoid content, dry matter content and sensory attributes of sweet potato. **Food Chemistry**, v. 131, n. 1, p. 14-21, 2012.
- VARMA, K.; JOHN, J.A. Cost-effective approaches for acrylamide mitigation in high-temperature-processed tuber snacks. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 12, 2022.