



Métodos não destrutivos de avaliação dos compostos derivados do fumo

Vasiliki Summerson, Claudia Gonzalez Viejo, Sigfredo Fuentes

Digital Agriculture Food and Wine Group, School of Agriculture and Food, Faculty of Veterinary and Agricultural Sciences, The University of Melbourne, Building 142, Parkville 3010, Victoria, Australia

Os incêndios florestais são incidentes que ocorrem de uma forma crescente mundo inteiro. Da exposição ao fumo da videira, podem resultar vinhos caracterizados por aromas intoleráveis a fumo. As técnicas cromatográficas atuais para avaliar os níveis de compostos derivados do fumo nos bagos e vinho são destrutivas, caras e demoradas. Esta pesquisa avaliou o uso de tecnologia do infravermelho próximo juntamente com a moldagem de redes neuronais artificiais como ferramentas rápidas, não destrutivas e económicas para avaliar compostos derivados do fumo em bagos, mosto e vinho.

Experiências de campo, vinificação e análise de fenóis voláteis e gliconjugados

Três tratamentos de fumo foram aplicados durante uma hora em videiras *Cabernet Sauvignon*, cerca de sete dias após o pintor, usando uma tenda construída propositadamente^{1, 2}. Estes tratamentos consistiram na exposição ao fumo de alta e baixa densidade de queima ~5 e 1,5 kg de palha de cevada, respetivamente, exposição a fumo de alta densidade, juntamente com uma névoa fina de água aplicada ao nível do dossel, além de um tratamento de controlo sem exposição a fumo ou bruma, e um tratamento de controlo com bruma e sem exposição a fumo. As uvas foram então utilizadas para produzir vinho em pequena escala, utilizando-se cachos de 5 kg por lote de fermentação e realizando-se cada tratamento em triplicado. Os teores de fenóis voláteis (VPs) e dos seus gliconjugados foram determinados em sumo de uva/homogeneizado (mosto) a partir de bagos colhidos um dia após a exposição ao fumo e na colheita, e o vinho final foi determinado por métodos de análise de diluição isotópica estável (SIDA) já descritos^{2, 3}.

Padrões de absorção do infravermelho próximo

A impressão digital química dos bagos foi obtida 24 horas após a aplicação dos tratamentos de fumo usando um dispositivo de espectroscopia portátil de infravermelho próximo (NIR) (*microPHAZIR™ RX Analyzer; Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, EUA*), que pode medir dentro da faixa de 1596-2396 nm^{1, 4}. Foram medidos em triplicado e à temperatura ambiente um total de 36 bagos por tratamento. A avaliação das amostras de mosto e vinho foi realizada através de um procedimento previamente relatado que utilizou um papel de filtro *Whatman®* embebido na amostra desejada⁵. Cada amostra foi medida três vezes, utilizando-se três amostras por tratamento.

Aprendizagem através de moldagem da máquina

Cinco modelos de regressão de redes neuronais artificiais (RNA) foram desenvolvidos usando um código personalizado *MATLAB® R2020b (Mathworks, Inc., Natick, MA, EUA; Figura 1)*⁵. Os modelos 1-3 usaram espectros dos bagos da uva NIR (1596-2396 nm) medidos 24 horas após a exposição ao fumo como entrada, para

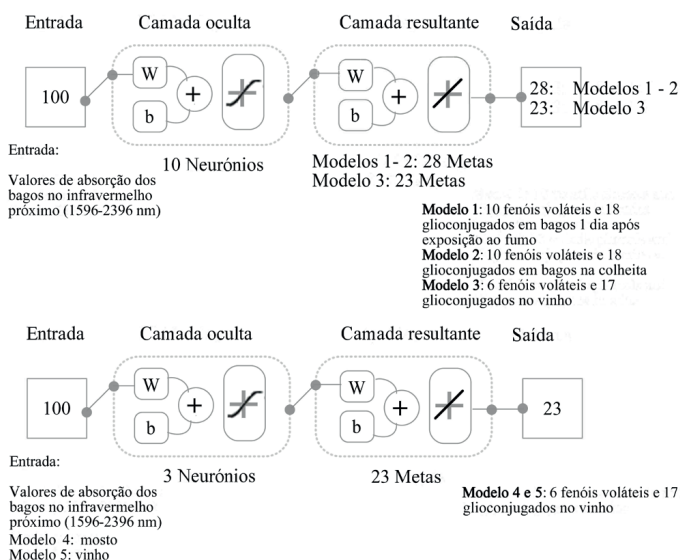


FIGURA 1. Redes de duas camadas sem realimentação para os cinco modelos das redes neuronais artificiais desenvolvidos.

prever níveis de 10 VPs e 18 diferentes gliconjugados em uvas 24 horas após a exposição ao fumo (Modelo 1) e na colheita (Modelo 2), e seis VPs e 17 gliconjugados no vinho final (Modelo 3). Por outro lado, os modelos 4 e 5 foram criados usando os valores de absorção NIR (1596-2396 nm) do mosto e vinho, respetivamente, para prever os níveis de seis VPs e 17 gliconjugados no vinho.

Resultados e discussão

Os cinco modelos que foram capazes de prever níveis de VPs e gliconjugados em amostras de bagos e vinhos com altos níveis de precisão, de acordo com o coeficiente de correlação (R 0,98) e sem sinais de sobrecarga de acordo com seu desempenho com base em médias de erro ao quadrado (MSE; Figura 2). Os modelos 1-3 podem, portanto, fornecer um método de campo, não destrutivo e rápido para avaliar os níveis de compostos de fumo em bagos e no vinho potencial, fornecendo aos produtores uma decisão no campo em tempo útil, para evitar bagos altamente contaminadas e economizar dinheiro selecionando amostras menores para análise

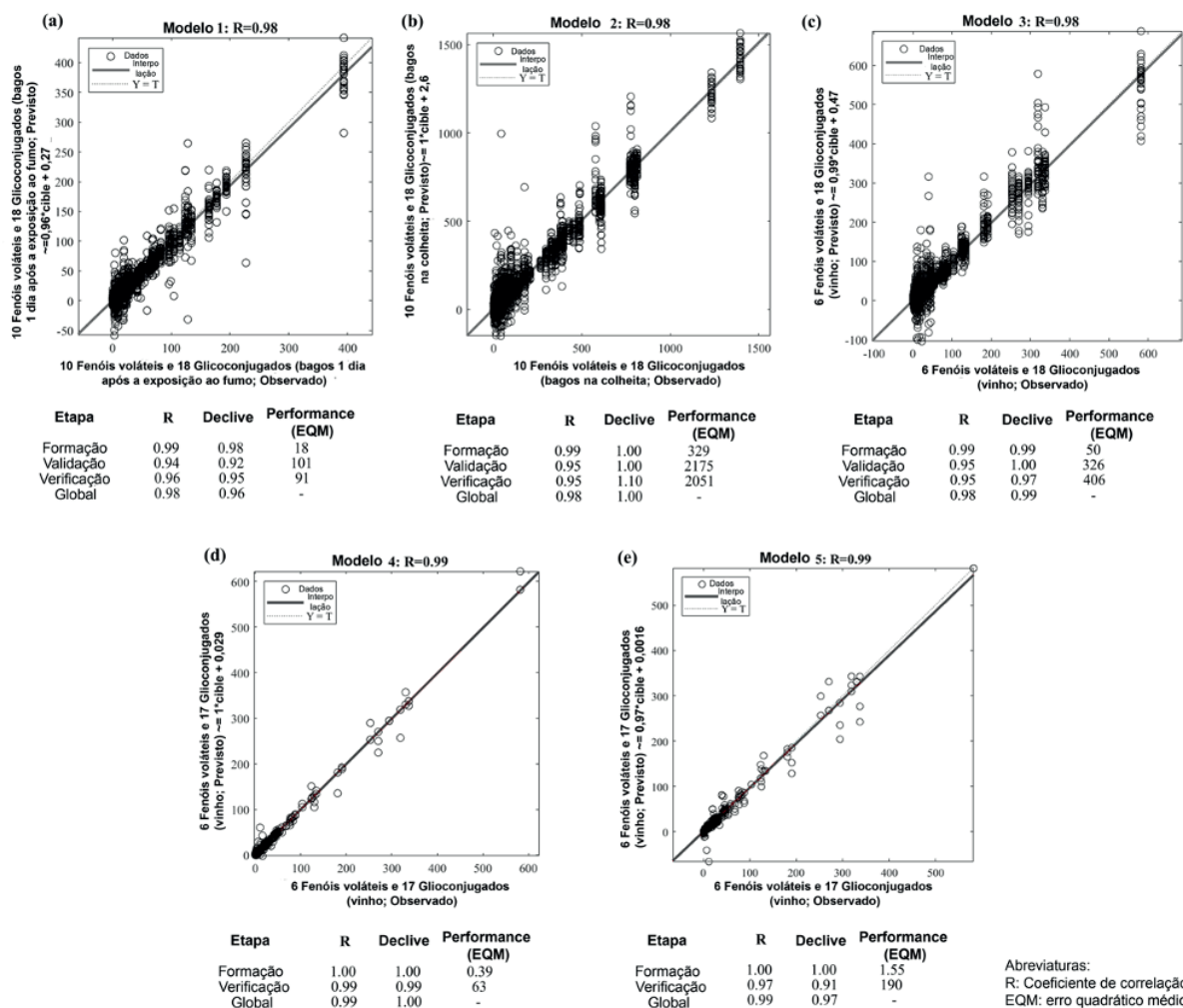


FIGURA 1. Modelos de regressão da rede neuronal artificial global para prever fenóis voláteis e glicoconjugados (a) em bagos um dia após a fumagem, (b) em bagos na colheita, (c) em vinho utilizando valores de absorção do infravermelho próximo (NIR) de bagos, e prever fenóis voláteis e glicoconjugados (d) no vinho utilizando valores de absorção NIR do mosto e (e) no vinho utilizando valores de absorção NIR do vinho.

química adicional. Além disso, os Modelos 4 e 5 podem ser usados por enólogos para avaliar em tempo quase real os níveis de VPs e glicoconjugados no vinho para decidir se devem aplicar tratamentos de aperfeiçoamento, tais como carvão ativado para reduzir ou eliminar o trazo a fumo. Além disso, como esta técnica é não-destrutiva, avaliações repetidas podem ser conduzidas, permitindo que os enólogos avaliem as mudanças nos níveis de VP e glicoconjugados ao longo do tempo. No entanto, é necessário realizar mais pesquisas para implementar os modelos em videiras contaminadas por fumo natural e desenvolver outras uvas e modelos de castas variados⁵.

Conclusões

As espectroscopias de infravermelho próximo, juntamente com a aprendizagem da máquina, podem fornecer ferramentas rápidas e não destrutivas para avaliar os níveis de VPs e seus glicoconjugados em uvas e vinho, permitindo que os enólogos e viticultores tomem decisões rápidas e de baixo custo sobre as uvas e o vinho contaminados. O método proposto também é de baixo custo considerando a disponibilidade de dispositivos NIR acessíveis

Financiamento: Agradecimentos: Os autores agradecem a Colleen Szeto e ao professor Kerry Wilkinson pela oportunidade de colaborar nesta pesquisa. O apoio financeiro para esta pesquisa foi fornecido pelo programa de viticultura digital financiado pelo Instituto da Sociedade em Rede da Universidade de Melbourne, na Austrália, bem como pelo Programa de Formação de Pesquisa do Governo Australiano.

Extraído do artigo de investigação "Detection of smoke-derived compounds from bushfires in Cabernet-Sauvignon grapes, must, and wine using Near-Infrared spectroscopy and machine learning algorithms" (OENO One, 2020).

que variam entre US\$ 2.000 - US\$ 5.000. Os modelos podem ser integrados e automáticos utilizando gémeos digitais, o que pode contribuir para a disponibilidade de cenários de poluição por fumo previstos para que os produtores possam avaliar antecipadamente as melhores técnicas de mitigação do sabor a fumo, caso ocorram incêndios florestais. ■

1 Summerson, V., Gonzalez Viejo, C., Torrico, D. D., Pang, A., & Fuentes, S. (2020). Detection of smoke-derived compounds from bushfires in Cabernet-Sauvignon grapes, must, and wine using Near-Infrared spectroscopy and machine learning algorithms. *OENO One*, 54(4), 1105–1119. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.4.4501>.

2 Szeto, C., Ristic, R., Capone, D., Puglisi, C., Pagay, V., Culbert, J., Jiang, W., Herderich, M., Tuke, J., & Wilkinson, K. (2020). Uptake and Glycosylation of Smoke-Derived Volatile Phenols by Cabernet Sauvignon Grapes and Their Subsequent Fate during Winemaking. *Molecules*, 25(16), 3720. <https://doi.org/10.3390/molecules25163720>.

3 Hayasaka, Y., Baldock, G., Parker, M., Pardon, K. H., Black, C. A., Herderich, M. J., Jeffery, D. W. (2010). Glycosylation of smoke-derived volatile phenols in grapes as a consequence of grapevine exposure to bushfire smoke. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 10989–10998. <https://doi.org/10.1021/jf103045t>.

4 Summerson, V., Gonzalez Viejo, C., Szeto, C., Wilkinson, K. L., Torrico, D. D., Pang, A., De Bei, R., & Fuentes, S. (2020). Classification of Smoke Contaminated Cabernet Sauvignon Berries and Leaves Based on Chemical Fingerprinting and Machine Learning Algorithms. *Sensors*, 20(18), 5099. <https://doi.org/10.3390/s20185099>.

5 Fuentes, S., Tongson, E. J., De Bei, R., Gonzalez Viejo, C., Ristic, R., Tyerman, S., & Wilkinson, K. (2019). Non-Invasive Tools to Detect Smoke Contamination in Grapevine Canopies, Berries and Wine: A Remote Sensing and Machine Learning Modeling Approach. *Sensors*, 19(15), 3335. <https://doi.org/10.3390/s19153335>.