

Composição fenólica e características cromáticas da epiderme de uvas e vinhos ‘Merlot’ tratados em pré-colheita com regulador vegetal e bioestimulantes

Isabela Leticia Pessenti¹
Ricardo Antonio Ayub²
José Luiz Marcon Filho³
Renato Vasconcelos Botelho⁴

RESUMO

O desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis para a melhoria da qualidade de uvas viníferas pode contribuir para o avanço da indústria vinícola do ponto de vista econômico e ambiental. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de ácido abscísico (S-ABA), de extrato de alga *Ascophyllum nodosum* (AN) e de gel de *Aloe vera* (AV) da videira ‘Merlot’ sobre as características fenólicas de uvas ‘Merlot’. Os tratamentos foram: 1) testemunha (água); 2) S-ABA 400 mg L⁻¹; 3) S-ABA 600 mg L⁻¹; 4) AV 200 mL L⁻¹; 5) AV 400 mL L⁻¹; 6) AN 0,2 mL L⁻¹; e 7) AN 0,4 mL L⁻¹. Foram realizadas as aplicações no estágio, quando as bagas atingiram 50% de coloração. Avaliaram-se, na epiderme, os teores de antocianinas e polifenóis totais, e a atividade das enzimas fenilalanina amônia-liase (FAL), polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD). No vinho, avaliaram-se as antocianinas e polifenóis totais, antocianinas monoméricas, índice de coloração e atividade antioxidante (DPPH). As aplicações de S-ABA aumentaram o teor de antocianinas e polifenóis totais e a atividade de FAL na epiderme das uvas, tendo aumentado também as antocianinas monoméricas no vinho. O AV a 400 mg L⁻¹ apresentou efeito positivo no aumento dos teores de polifenóis totais e na atividade da enzima PPO. Para as análises do vinho, gel de AV e extrato de AN aumentaram o teor de antocianinas totais e a DPPH.

Termos para indexação: maturação fenólica, vinificação, viticultura sustentável.

Ideias centrais

- Resultados relevantes e pioneiros sobre o uso de bioestimulantes e reguladores vegetais no manejo de uvas viníferas no sul do Brasil.
- *Ascophyllum nodosum* promove aumento das antocianinas na cv. Merlot.
- Gel de *Aloe vera* influencia na atividade antioxidante do vinho.

Phenolic composition and chromatic characteristics of the epidermis of ‘Merlot’ grapes and wines treated in pre-harvest with plant regulator and biostimulants

ABSTRACT

The development of new sustainable technologies to improve the quality of wine grapes can contribute to the advancement of the wine industry from an economic and environmental point of view. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of the application of abscisic acid (S-ABA), *Ascophyllum nodosum* (AN) seaweed extract and *Aloe vera* (AV) gel from the ‘Merlot’ vine on the phenolic characteristics of ‘Merlot’ grapes. The treatments were as follows: 1) control (water); 2) S-ABA 400 mg L⁻¹; 3)

Recebido em
03/11/2021

Aprovado em
08/11/2022

Publicado em
22/12/2022



This article is published in Open Access under the Creative Commons Attribution licence, which allows use, distribution, and reproduction in any medium, without restrictions, as long as the original work is correctly cited.

¹ Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, professora no curso de Agronomia da Unicesumar, Ponta Grossa, PR. E-mail: isabela.pessenti@unicesumar.edu.br

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Biologia Celular e Molecular, professor de Fitotecnia na UEPG, Ponta Grossa, PR. E-mail: rayub@uepg.br

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, gerente na Vinícola Legado, Campo Largo, PR. E-mail: marconfilho_jl@yahoo.com.br

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor de Fruticultura de Clima Temperado no Unicentro, Guarapuava, PR. E-mail: rbotelho@unicentro.br

S-ABA 600 mg L⁻¹; 4) AV 200 mL L⁻¹; 5) AV 400 mL L⁻¹; 6) AN 0.2 mL L⁻¹ and 7) AN 0.4 mL L⁻¹. Applications were carried out at the stage, when the berries reached 50% color. In the epidermis, the following characteristics were evaluated: the contents of anthocyanins and total polyphenols, and the activity of the enzymes phenylalanine ammonia-lyase (PAL), polyphenoloxidase (PPO) and peroxidase (POD). In wine, total anthocyanins and polyphenols, monomeric anthocyanins, color index and antioxidant activity (DPPH) were evaluated. S-ABA applications increased the content of total anthocyanins and polyphenols and FAL activity in the epidermis of grapes, also increasing the monomeric anthocyanins in the wine. AV at 400 mg L⁻¹ had a positive effect on the increase of total polyphenol contents and on PPO enzyme activity. For the analysis of wine, AV gel and AN extract increased the content of total anthocyanins and DPPH.

Index terms: phenolic maturation, winemaking, sustainable viticulture.

INTRODUÇÃO

Os reguladores vegetais têm sido usados como parte do manejo em uvas de mesa por décadas para regular a brotação, a frutificação, o crescimento e o desenvolvimento dos frutos, assim como a sua maturação (Taskos et al., 2019). Um dos compostos que tem demonstrado ter resultados positivos para a viticultura é o ácido (*S*)-cis-abscísico (*S*-ABA), apresentando respostas no aumento da coloração dos cachos de uvas de mesa e uvas para vinificação. Pessenti et al. (2019, 2020), em estudo com aplicações de *S*-ABA em uvas viníferas ‘Malbec’ e ‘Primitivo’, verificaram aumento dos teores de polifenóis e antocianinas totais.

Para uvas para vinificação, esses resultados são muito importantes para a composição fenólica. Os compostos fenólicos são uma das classes principais de metabólitos secundários do vinho, pois têm um grande impacto nas suas propriedades organolépticas. Esses compostos podem ser divididos em dois grupos principais: não-flavonoides (estilbenos e ácidos fenólicos) e flavonoides (antocianinas e flavonóis). Entre eles, os flavonoides têm maior impacto nas características de qualidade do vinho (Gutiérrez-Gamboa et al., 2017).

Os compostos fenólicos presentes no metabolismo secundário das plantas são de grande interesse pelas suas atividades biológicas comprovadas em diversos estudos. No entanto, estão sujeitos à oxidação, levando ao escurecimento enzimático, o que acarreta perda das propriedades organolépticas, diminuindo sua apreciação pelo consumidor (Içier et al., 2008; Daas Amieur & Hambaba, 2016). Embora o escurecimento seja desejável durante o desenvolvimento da fruta, seu desenvolvimento contínuo após a maturação e colheita leva a danos e desperdício. O escurecimento pós-colheita de frutas e vegetais é atribuído principalmente à oxidação de compostos fenólicos pela polifenoloxidase (PPO) e/ou peroxidase (POD) (Daas Amieur & Hambaba, 2016).

Com o aumento do interesse por sistemas mais sustentáveis de produção de alimentos, alguns bioestimulantes à base de extratos de plantas ou de algas têm despertado o interesse, considerando que o uso de reguladores vegetais sintéticos não é permitido na produção orgânica (Michalak et al., 2020).

Um bioestimulante vegetal é qualquer substância ou microrganismo aplicado às plantas com o objetivo de aumentar a eficiência nutricional, a tolerância ao estresse abiótico e/ou características de qualidade da produção, independentemente de seus elementos nutrientes (Du Jardin, 2015; Roupheal & Colla, 2020). O bioestimulante deriva de matéria-prima natural, incluindo algas marinhas e extratos de plantas superiores, substâncias animais, quitina e quitosana, misturas orgânicas complexas, polissacarídeos e hormônios vegetais.

Em relação a isso, alguns trabalhos de pesquisa têm demonstrado efeitos positivos do uso de extratos de algas na qualidade de uvas, tais como aumento nos teores de polifenóis e antocianinas em uvas das cultivares Sangiovese, Pinot Noir e Cabernet Franc (Frioni et al., 2018, 2019), aumento dos compostos voláteis da uva e do vinho da cultivar Tempranillo Branco (Gutiérrez-Gamboa et al., 2017, 2020b), maior atividade do metabolismo secundário de uvas da cultivar Sangiovese, incluindo aumento no teor de antocianinas e flavonoides (Salvi et al., 2019), incremento do índice de polifenóis em uvas da cultivar Merlot (Taskos et al., 2019), além do incremento no teor de sólidos solúveis, pH,

acidez titulável, e tamanho e peso de bagas de uvas de mesa da cultivar Perlette (Khan et al., 2012). No entanto, poucos trabalhos verificaram os efeitos dos bioestimulantes à base de algas marinhas na composição fenólica do mosto e do vinho (Gutiérrez-Gamboa et al., 2020a).

Outro bioestimulante natural que vem despertando interesse é o gel de *Aloe vera*, tendo sido demonstrada a sua atividade bactericida contra patógenos comuns de origem alimentar, além de aumento da cor, firmeza e vida de prateleira em tomates e morangos (Chrysargyris et al., 2016; Sogvar et al., 2016), mas não há relatos do seu efeito na qualidade do mosto e vinho em uvas viníferas.

Nesse contexto, este estudo teve como objetivo verificar o efeito da aplicação em pré-colheita de ácido abscísico (*S*-ABA), do gel de *Aloe vera* e do extrato da alga *Ascophyllum nodosum* na composição fenólica e características da uva ‘Merlot’ e na composição do seu vinho.

MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento estatístico e local do experimento

O experimento foi realizado em um vinhedo comercial localizado em Campo Largo, PR (25°40’31’S, 49°49’64’’O e altitude de 840 m) com a videira ‘Merlot’ (*Vitis vinifera*) em duas safras (2017/18 e 2018/19). As videiras com 7 anos de idade eram enxertadas sobre o porta-enxerto ‘Paulsen 1103’, plantadas no espaçamento 3,0 x 1,5 m e conduzidas em Guyot simples em espaldeira. Os tratamentos culturais foram realizados igualmente aos que são adotados pela vinícola nas duas safras, de acordo com as recomendações para a cultura. Conforme Alvares et al. (2013) na classificação de Köppen, o clima é Cfb, clima temperado úmido com verão temperado e estações de inverno e verão bem definidas. As precipitações são bem distribuídas em todos os meses do ano. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa. As informações climáticas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Informações climáticas do local do experimento fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em 2022.

Meses (agosto – fevereiro)	2017/2018	2018/2019
Precipitação acumulada (mm)	940	1.040
Temperatura mínima (°C)	12	11
Temperatura média (°C)	19	20
Temperatura máxima (°C)	29	30

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 7 tratamentos, 4 repetições e parcela experimental constituída de 3 plantas, sendo avaliada a planta central. Os tratamentos foram: 1) testemunha (água); 2) *S*-ABA 400 mg L⁻¹ (ABA 400); 3) *S*-ABA 600 mg L⁻¹ (ABA 600); 4) gel de *Aloe vera* 200 mL L⁻¹ (AV 200); 5) gel de *A. vera* 400 mL L⁻¹ (AV 400); 6) extrato de alga *Ascophyllum nodosum* 0,2 mL L⁻¹ (AN 02); e 7) extrato de alga *A. nodosum* 0,4 mL L⁻¹ (AN 04). As aplicações de soluções aquosas de *S*-ABA (Valent BioSciences Corporation, Libertyville, IL, EUA) foram realizadas quando 50% das bagas se encontravam coloridas, com o uso de um pulverizador costal até o ponto de escorrimento, sendo aplicado diretamente nos cachos. Os extratos de *A. nodosum* e gel de *Aloe vera* foram aplicados duas vezes, quando 50% e 75% das bagas se encontravam coloridas, respectivamente, com intervalo de duas semanas.

A colheita foi realizada quando a ‘Merlot’ atingiu ponto de colheita (aproximadamente 18 °Brix para todos os tratamentos – foi padronizado esse ponto de colheita em virtude das condições climáticas presentes na época). Após a colheita e o transporte, os cachos foram acondicionados em câmara fria em temperaturas entre 10 °C e 12 °C.

Microvinificação

Vinte e quatro horas após a colheita, os cachos de cada parcela foram desengaçados manualmente, sendo separada uma amostra de 500 g para cada repetição. Em seguida, as bagas foram esmagadas manualmente e acondicionadas em minitanques de fermentação. Posteriormente, foi adicionado metabissulfito de potássio 10 g hL^{-1} e, após uma hora, foi adicionada a levedura *Saccharomyces cerevisiae* na proporção de $10 \text{ g } 100 \text{ L}^{-1}$. A fermentação alcóolica foi acompanhada por meio da medição da densidade a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e da pesagem diariamente até que houvesse estabilização, momento em que também foi realizada a remontagem do bagaço das uvas. Após dez dias de fermentação em contato com as cascas, foi realizada a descuba, tendo-se retirado a casca do contato com o mosto, com auxílio de sacos de voil. A descuba foi determinada quando houve estabilização por três dias consecutivos da massa dos minitanques de fermentação.

Duas repetições foram unidas, as quais formaram amostras compostas, tendo resultado em 3 repetições. Após esse processo, ocorreu a fermentação lenta, em que foi mensurada a massa diariamente. Após a trasfega, ocorreu a fermentação malolática, e o término foi determinado pela cromatografia de ácido málico. Posteriormente, foi adicionado metabissulfito de potássio dissolvido ($10 \text{ g } 100 \text{ L}^{-1}$) e ocorreu a estabilização tartárica em câmara fria, por 30 dias, com controle de temperatura ($0 \text{ }^\circ\text{C}$). Decorrida a estabilização tartárica, foi realizado o engarrafamento manual, rotulagem e armazenamento em ambiente refrigerado.

Análise dos compostos fenólicos e coloração na epiderme

A colheita para ambas as safras foi realizada em meados de fevereiro. Na primeira safra, a média geral de teor de sólidos solúveis foi de $18 \text{ }^\circ\text{Brix}$, e, na segunda safra, $22 \text{ }^\circ\text{Brix}$. Após a colheita, os cachos foram acondicionados em caixas de plástico (20 kg), em câmara fria ($10 \text{ }^\circ\text{C}$ – $12 \text{ }^\circ\text{C}$), por 24 horas. As avaliações de características de cor, L, croma e ângulo hue, e em relação às análises fenólicas, antocianinas e polifenóis totais foram realizadas tanto nas amostras de epiderme das bagas como para o vinho. O índice CIRG (índice de coloração para uvas vermelhas: CIRG – sigla em inglês) foi calculado somente para as bagas.

Para a determinação do teor de polifenóis totais, foi seguido o método de Singleton & Rossi (1965), que utiliza o reagente de Folin-Ciocalteu e uma curva de calibração com ácido gálico. Pesou-se 1 g de cascas frescas (para o vinho, utilizou-se amostra de 1 mL), que foram colocadas em tubos falcon, com adição de 0,4 mL de uma solução de álcool metílico 50% v/v. Os frascos foram tampados com papel filme e permaneceram em BOD a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 horas. Após esse período, o extrato foi separado em frasco de vidro. Adicionou-se 0,1 mL de solução de metanol para enxaguar as cascas. Após isso, mais 0,4 mL de solução hidroalcoólica foi adicionada aos tubos falcons, para, então, as cascas passarem pela extração, em BOD a $0 \text{ }^\circ\text{C}$, por 24 horas (Marcon Filho et al., 2015). Posteriormente, o extrato foi homogeneizado com o extrato retirado anteriormente e repetiu-se o enxágue das cascas. Ao final do processo, obteve-se um extrato de 1 mL para cada amostra. Em seguida, procedeu-se à reação com o reagente Folin-Ciocalteu. Em um tubo de ensaio, adicionaram-se 7,9 mL de água destilada; 0,1 mL da solução padrão; 0,50 mL do reagente de Folin-Ciocalteu e, após 3 minutos, 1,50 mL de solução de carbonato de sódio a 20%. As amostras foram homogeneizadas e permaneceram no escuro por 2 horas, para completar a reação. Em seguida, foram realizadas as leituras da absorbância das amostras a um comprimento de 760 nm em espectrofotômetro, modelo UV-1650 PC (Shimadzu, Kyoto, Japão). Para as leituras obtidas, ajustou-se uma curva de regressão linear. Para a obtenção da concentração de polifenóis totais, realizou-se o mesmo procedimento de reação, com o reagente Folin-Ciocalteu, descrito para a curva de calibração – exceto para o fato que as soluções extratos tiveram que ser diluídas na proporção 1:10. As leituras obtidas com os extratos foram interpoladas na curva padrão e os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico L^{-1} .

O método utilizado para a quantificação de antocianinas totais foi aquele descrito por Lees & Francis (1972), com modificações. O conteúdo de 1 g de casca (para vinho, utilizou-se 1 mL) foi retirado do ultrafreezer e macerado em cadinhos de porcelana com 10 mL de solução extratora (50%

de etanol 95% + 50% de ácido clorídrico 1,5 M). Com as amostras totalmente maceradas, o conteúdo líquido foi armazenado em tubo de ensaio protegido da luz, coberto por papel alumínio, tendo-se realizado, em seguida, a lavagem do restante do macerado preso ao cadinho, e adicionado mais 15 mL da solução extratora.

Os tubos foram mantidos sob refrigeração a 4 °C por 20 horas e, posteriormente, o extrato foi filtrado, sendo lavado com 25 mL da solução extratora, e o total do extrato foi deixado em frasco coberto com papel alumínio por duas horas. Em seguida, foram retirados 2 mL do extrato, adicionaram-se 10 mL da solução extratora e foi realizada posterior agitação em vórtex. A leitura da amostra foi feita em espectrofotômetro modelo UV-1650 PC (Shimadzu, Kyoto, Japão) a 535 nm, sendo os valores expressos em mg de antocianinas por 100 g de material vegetal. Para quantificação do teor de antocianinas, utilizou-se a equação 1:

$$(FD \times VA) \times 98,2^{-1} \text{ (Equação 1)}$$

em que VA = valor da absorbância e FD = fator de diluição.

Por meio de um colorímetro, modelo croma meter CR-400/410 (Minolta, Osaka, Japão), foram efetuadas três leituras em diferentes extremidades do fruto (para o vinho, utilizaram-se 30 mL de amostra). Os valores foram expressos na coordenada padrão CIE $L^* a^* b^*$, em que L^* representa o brilho de uma superfície (se $L^* = 100$, $L^* =$ branco; se $L^* = 0$, $L^* =$ preto); a^* representa a intensidade de cor do verde ao vermelho (a^* mais negativo = mais verde; a^* mais positivo = mais vermelho); e b^* mede a intensidade de cor do amarelo ao azul (se $b^* =$ mais positivo, $b^* =$ mais amarelo; se $b^* =$ mais negativo, $b^* =$ mais azul). Os valores de a^* e b^* foram utilizados para calcular a tonalidade de cor C^* , pela fórmula $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$, e o ângulo H^* (Carreño et al., 1995). Mediante os valores de colorimetria, foi calculado o índice específico para bagas de cor vermelha (CIRG), com a equação $CIRG = 180 - hue^* / (L^* + C^*)$, em que o hue^* é o ângulo calculado por meio da seguinte fórmula: $hue^* = \tan^{-1} (b^*/a^*)$. Valores do índice CIRG próximos de zero correspondem à coloração verde, enquanto valores próximos de três correspondem à coloração vermelha (Carreño et al., 1995).

Atividade enzimática da epiderme das uvas

Para as análises enzimáticas, foram coletados quatro cachos de uva por parcela. A epiderme das bagas foi congelada em nitrogênio líquido a fim de paralisar todas as reações metabólicas. Essas amostras foram armazenadas em freezer a -20 °C, para análises posteriores.

As amostras das cascas foram pesadas (1,0 g) e maceradas em almofariz com nitrogênio líquido e homogeneizadas mecanicamente em 3 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7) contendo 0,1 mM de EDTA. Essa solução foi transferida para tubo tipo eppendorf contendo 0,0003 g de polivinilpirrolidona (PVP) e centrifugado a 13.000 g durante 30 minutos a 4 °C. O extrato enzimático foi obtido do sobrenadante dessa centrifugação, que, em seguida, foi armazenado em freezer a -20 °C até a realização das análises de determinação de conteúdo proteico, e atividade das enzimas peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO) e fenilalanina amônia-liase (FAL).

Para a determinação do conteúdo proteico total, foram utilizados 100 µL do extrato enzimático, adicionado sob agitação em 2,5 mL do reagente Bradford. Passados 5 minutos, foi efetuada a leitura em espectrofotômetro modelo UV-1650 PC (Shimadzu, Kyoto, Japão) com comprimento de onda de 595 nm. A concentração de proteínas, expressa em mg por mL de amostra ($mg \text{ proteína} \times mL^{-1}$), foi determinada utilizando-se curva padrão de concentrações de albumina de soro bovino (ASB) de 0 a 0,5 $mg \text{ mL}^{-1}$, obtida pelo método de Bradford (Bradford, 1976).

A atividade específica da peroxidase (POD) (E.C. 1.11.1.7) foi determinada de acordo com metodologia de Urbanek et al. (1991) com adaptações. Dessa forma, adicionaram-se 100 µL de extrato enzimático em 2,9 mL de solução contendo tampão acetato de sódio 50 mM, pH 5,2 e peróxido de hidrogênio 20 mM. Em seguida, essa solução foi incubada em banho-maria por 10 minutos em temperatura de 30 °C. Posteriormente, foi efetuada a leitura em espectrofotômetro modelo UV-1650 PC

(Shimadzu, Kyoto, Japão) a 480 nm, tendo-se determinado a conversão do guaiacol em tetraguaiacol. Uma unidade de atividade de POD é equivalente a um aumento em 0,01 vez a quantidade de enzima para 1 g de peso fresco/min, conforme Fu et al. (2011).

Para determinação da atividade específica da enzima polifenoloxidase (PPO) (E.C1.10.3.2) (Gauillard et al., 1993), utilizou-se como substrato enzimático a solução contendo 25 mM de catecol homogenizada em 50 mL de tampão fosfato de potássio a 0,1 M, pH 6,0. Adicionaram-se 200 µL do extrato enzimático a 2,8 mL dessa solução em tubos de ensaio, que, em seguida, foram colocados por 10 minutos em banho-maria com temperatura de 30 °C. Posteriormente, realizou-se a leitura em espectrofotômetro modelo UV-1650 PC (Shimadzu, Kyoto, Japão) com comprimento de onda de 410 nm. Uma unidade de atividade de PPO é equivalente a um aumento em 0,001 vez a quantidade de enzima para 1 g de peso fresco/min, conforme Kose et al. (2011).

Foram utilizados três tubos para a determinação da atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL) (E.C. 4.3.1.5) (Rodrigues et al., 2006). No primeiro tubo-amostra, foram pipetados 100 µL de extrato enzimático com 400 µL de tampão TRIS e 500 µL de L-fenilalanina. No segundo (tubo-controle), 100 µL de amostra com 900 µL de tampão TRIS, e no terceiro tubo-branco, 500 µL de tampão TRIS com 500 µL de L-fenilalanina. Em seguida, foram incubados em banho-maria a 40 °C por 1 hora. Depois disso, adicionaram-se 60 µL de HCL 0,5 M para paralisar a reação. Transcorrido esse período, realizou-se a leitura em espectrofotômetro modelo UV-1650 PC (Shimadzu, Kyoto, Japão) com comprimento de onda de 290 nm. Uma unidade de atividade FAL é equivalente a um aumento de 0,01 vez a quantidade de enzima para 1 g de peso fresco/h, conforme Fu et al. (2011).

Análise da atividade antioxidante do vinho

Para avaliar a atividade antioxidante do vinho, foi utilizada a metodologia de DPPH (Brand-Williams et al., 1995), com adaptações.

Na análise de DPPH, as amostras diluídas (100 µL) foram misturadas com 3,9 mL de uma solução metanólica de DPPH (60 µmol/L). A absorbância foi medida em 517 nm usando-se um espectrofotômetro modelo UV-1650 PC (Shimadzu, Kyoto, Japão) após a solução ter sido deixada em repouso no escuro até a estabilização (tempo previamente determinado). Os resultados foram expressos em equivalentes de Trolox por litro de vinho (µmol TE/L) (Alberti et al., 2014).

Análises das antocianinas individuais do vinho

As análises das antocianinas individuais foram realizadas por cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas (LC-ESI-QTOF-MS/MS) em um sistema Prominence UFLC (Shimadzu, Japão) acoplado a um espectrômetro de massa Impact HD (Bruker Daltonics, Bremen, Alemanha). As antocianinas foram separadas utilizando-se pré-coluna C18 (2,0 x 4 mm) e coluna Bidentate C18 (100 x 2,1 mm, MicroSolv Technology Corporation, Leland, NC, EUA), sendo solução de 0,1% de ácido fórmico em água (fase móvel A) e 0,1% de ácido fórmico em acetoneitrila (fase móvel B). O gradiente de fase móvel utilizado foi o seguinte: 0–2 min, 10% B; 2–15 min, 10–75% B; 15–18 min, 90% B; 18–21 min, 90% B; 21–23 min, 10% B; 23–30 min, 10% B. Outras características operacionais foram: fluxo 0,2 mL min⁻¹; volume de injeção 10 µL; temperatura da coluna 40 °C.

O espectrômetro de massas foi operado no modo ESI positivo, com espectros adquiridos ao longo de um intervalo de massas de m/z 50 até 1.200. As características foram: voltagem do capilar em 3,5 kV; temperatura do gás de secagem, 180 °C; fluxo de gás de secagem, 8,0 L min⁻¹; pressão do gás de nebulização, 2 bar; colisão RF, 150 Vpp; tempo de transferência de 70 µs; e armazenamento pré-pulso, 8 µs. A intensidade da energia de colisão foi ajustada para experimentos automáticos MS/MS de acordo com as razões m/z: m/z 100, 15 eV; m/z 500, 35 eV; m/z 1.000, 50 eV, e utilizando-se nitrogênio como gás de colisão.

Os dados de MS foram analisados utilizando-se o software Data Analysis 4.2 (Bruker Daltonics, Bremen, Alemanha). A composição elementar de cada composto foi selecionada de acordo com as massas exatas e padrão isotópico por meio da ferramenta Smart Formula (Bruker Compass DataAnalysis™), a qual fornece uma lista de possíveis fórmulas moleculares que combinam a massa exata e distribuição isotópica refletida em seus valores de erro (ppm) e mSigma, respectivamente.

As antocianinas foram caracterizadas em termos do padrão de fragmentação no UV/VIS (220–800 nm) e comparadas com dados de bancos de dados (Metlin, MassBank, Kegg) e com a literatura de referência (Delgado De La Torre et al., 2015; Willemse et al., 2015). A curva de calibração foi desenvolvida pela adição do padrão de pelargonidina (0,2 a 30 µg mL⁻¹) a metanol. As antocianinas presentes nas amostras foram quantificadas utilizando-se a área de pico da pelargonidina e sua concentração. Os resultados foram expressos em mg L⁻¹.

Análises estatísticas

A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov com nível de 5% de significância. Empregou-se a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas por meio do teste Scott Knott, com 5% de probabilidade. A análise de componentes principais (PCA) foi realizada usando-se as variáveis com o objetivo de analisar a relação entre as características analisadas. O software utilizado foi o R 4.0.3 (R Core Team, 2020), utilizando-se os pacotes ExpDes.pt e FactoMineR.

RESULTADOS

Compostos fenólicos e atividade enzimática da epiderme das uvas

Na Tabela 2, observam-se os resultados dos conteúdos de antocianinas e polifenóis totais e das atividades das enzimas fenilalanina amônia-liase (FAL), polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) na epiderme das bagas ‘Merlot’ nas duas safras (2017/18 e 2018/19). Os tratamentos ABA600 e AV200 foram significativamente superiores para os teores de antocianinas totais na primeira safra quando comparados com os demais tratamentos. Na segunda safra, os tratamentos com S-ABA e AN foram estatisticamente superiores, seguido dos tratamentos testemunha e AV400.

Para o teor de polifenóis totais, o tratamento AV400 foi superior, seguido do tratamento AN04, para a primeira safra. Na segunda safra, ABA600 e AN04 foram estatisticamente superiores quando comparados aos demais. Para a enzima FAL, os tratamentos ABA600 e AV200 foram significativamente superiores para a primeira e segunda safra, respectivamente. A enzima POD apresentou maior atividade para o tratamento ABA400, seguido do ABA600, AV200 e os tratamentos com AN, na primeira safra. Na primeira safra, os tratamentos ABA600 e as doses de AV foram estatisticamente superiores. Para a enzima PPO, houve diferenças significativas somente na safra 2017/18 com valores superiores para os tratamentos com AV.

Na Figura 1, tem-se a PCA na safra 2017/2018 com as análises fenólicas e de atividade enzimática, que mostra os eixos 1 e 2 representando 75,5% da variação total. O eixo 1 apresenta todas as características no escore positivo, exceto polifenóis totais. O eixo 2 separa a enzima FAL no escore negativo. O tratamento AV400 correlacionou-se positivamente com os teores de polifenóis totais, assim como a atividade da FAL e o teor de antocianinas correlacionaram-se positivamente com as doses de S-ABA. O tratamento AV200 correlacionou-se positivamente com a PPO.

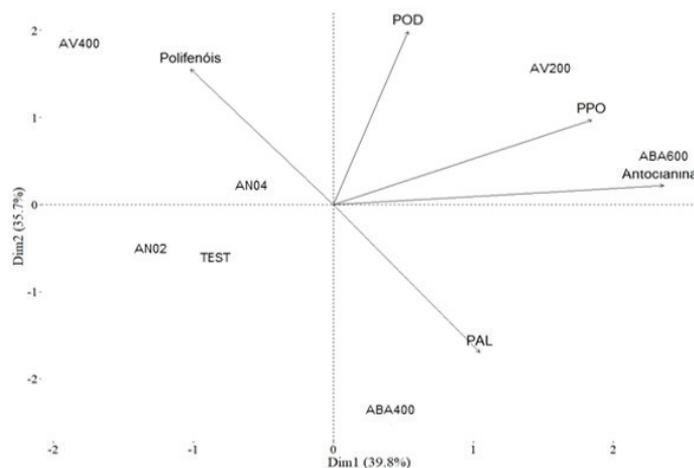


Figura 1. Análises de componentes principais para as análises de compostos fenólicos e de atividade enzimática de uvas ‘Merlot’ na safra 2017/18: FAL (fenilalanina amônia-liase), PPO (polifenoloxidase), POD (peroxidase). TEST: testemunha; ABA400: S-ABA 400 mg L⁻¹; ABA600: S-ABA 600 mg L⁻¹; AV200: *A. vera* 200 mL L⁻¹; AV400: *A. vera* 400 mL L⁻¹; AN02: extrato de *A. nodosum* 0,2 mL L⁻¹; e AN04: extrato de *A. nodosum* 0,4 mL L⁻¹.

Na Figura 2, tem-se a análise dos componentes principais da safra 2018/2019, que mostra os eixos 1 e 2 representando 89,7% da variação total para as análises fenólicas e enzimáticas. O eixo 1 apresenta as características fenólicas no escore positivo, e as fenólicas no escore negativo. O eixo 2 separa todas as características no escore positivo. Os tratamentos ABA600 e AN04 se correlacionaram positivamente com os teores de polifenóis totais e de antocianinas, assim como as atividades das enzimas FAL e POD se correlacionaram positivamente com os tratamentos AN02 e AV400.

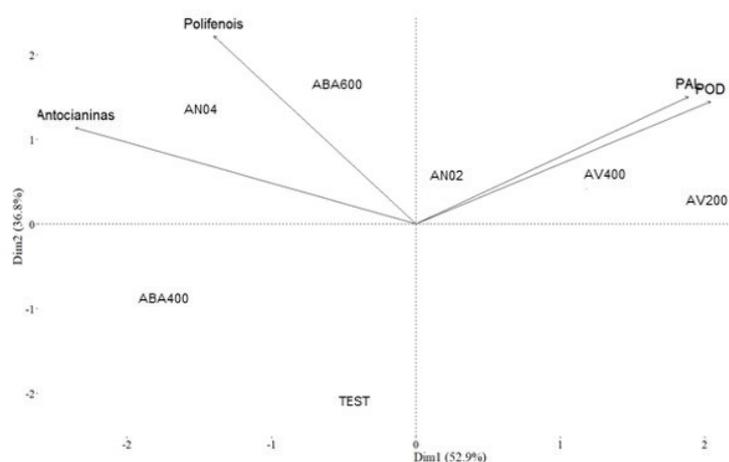


Figura 2. Análises de componentes principais das análises de compostos fenólicos e atividades enzimáticas para uvas ‘Merlot’ na safra 2018/19. TEST: testemunha; ABA400: S-ABA 400 mg L⁻¹; ABA600: S-ABA 600 mg L⁻¹; AV200: *A. vera* 200 mL L⁻¹; AV400: *A. vera* 400 mL L⁻¹; AN02: extrato de *A. nodosum* 0,2 mL L⁻¹; e AN04: extrato de *A. nodosum* 0,4 mL L⁻¹.

Análises dos compostos fenólicos, índices de cor e atividade antioxidante no vinho

Na Tabela 3, tem-se os resultados das análises de compostos fenólicos e de índices de cor do vinho em duas safras (2017/18 e 2018/19). Para o teor de antocianinas, o tratamento ABA400 foi superior aos demais na primeira safra. Na segunda safra, as duas doses de AN e o tratamento ABA600 foram superiores, mas não diferiram da testemunha.

Para os índices de cor, luminosidade, cromaticidade e ângulo hue, quanto mais baixos os valores, mais escuro estava o vinho. Para os índices L, cromas e ângulo hue, os valores mais baixos foram verificados para as duas doses de S-ABA e AN02, nas duas safras. Para o índice CIRG de coloração para uvas tintas, foram verificados os maiores valores para os tratamentos ABA600 e AN02

na primeira safra. Na segunda safra, os maiores valores para índice CIRG foram para as duas doses de S-ABA. Para a atividade antioxidante, os maiores valores foram verificados para os tratamentos ABA600, AV400 e AN04 nas duas safras.

Na Figura 3, tem-se a análise dos componentes principais do vinho de uvas ‘Merlot’ na safra 2017/2018, que mostra os eixos 1 e 2 representando 94,4% da variação total para as variáveis fenólicas e de cor. O eixo 1 apresenta as características fenólicas no escore negativo, e de cor no escore positivo. O eixo 2 separa as características de cor no centro (próximo do eixo zero). As antocianinas ficaram no quadrante positivo, e atividade antioxidante no negativo. O tratamento ABA400 se correlacionou positivamente com as antocianinas totais. O tratamento AN02 se correlacionou positivamente com o índice CIRG, assim como a atividade antioxidante correlacionou-se positivamente com os tratamentos AN04 e ABA600. As variáveis de cor se correlacionaram positivamente com as duas doses de AV.

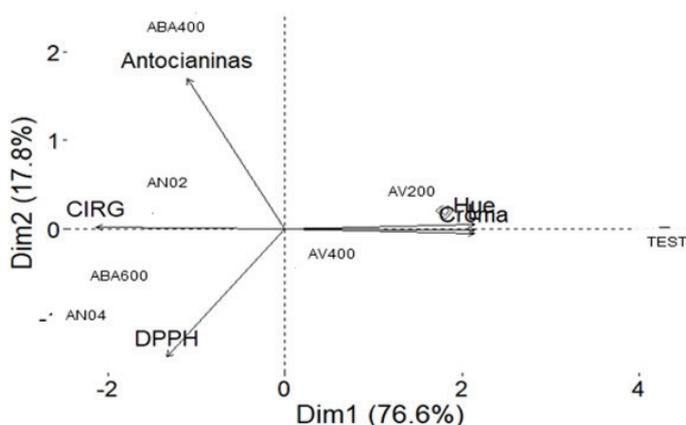


Figura 3. Análises de componentes principais das análises de compostos fenólicos e de índices de cor para o vinho de uvas ‘Merlot’ na safra 2017/18. TEST: testemunha; ABA400: S-ABA 400 mg L⁻¹; ABA600: S-ABA 600 mg L⁻¹; AV200: *A. vera* 200 mL L⁻¹; AV400: *A. vera* 400 mL L⁻¹; AN02: extrato de *A. nodosum* 0,2 mL L⁻¹; e AN04: extrato de *A. nodosum* 0,4 mL L⁻¹.

Na Figura 4, tem-se a análise dos componentes principais das análises do vinho de uvas ‘Merlot’ na safra 2018/2019, que mostra os eixos 1 e 2 representando 91,5% da variação total para as análises fenólicas e de índices de cor. O eixo 1 apresenta as características fenólicas e índice CIRG no escore negativo, e de cor no escore positivo. O eixo 2 separa as características de cor, antocianinas e atividade antioxidante, e apresenta o índice CIRG no escore negativo. O tratamento ABA400 se correlacionou positivamente com as antocianinas totais. A TEST se correlacionou positivamente com as variáveis de cor, assim como a atividade antioxidante e antocianinas correlacionaram-se com o tratamento AN04.

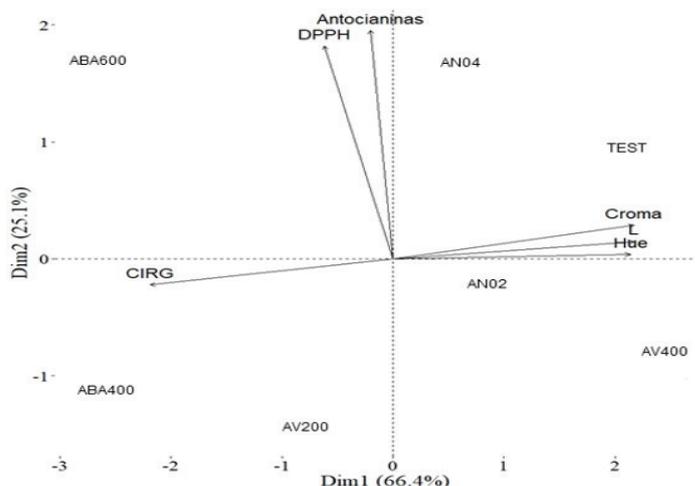


Figura 4. Análises de componentes principais das análises dos compostos fenólicos e de índices de cor para o vinho de uvas ‘Merlot’ na safra 2018/19. TEST: testemunha; ABA400: S-ABA 400 mg L⁻¹; ABA600: S-ABA 600 mg L⁻¹; AV200: *A. vera* 200 mL L⁻¹; AV400: *A. vera* 400 mL L⁻¹; AN02: extrato de *A. nodosum* 0,2 mL L⁻¹; e AN04: extrato de *A. nodosum* 0,4 mL L⁻¹.

Antocianinas individuais no vinho

Na Tabela 4, tem-se os resultados das análises das antocianinas individuais para o vinho na safra 2017/2018. Os tratamentos com *S*-ABA foram significativamente superiores aos demais tratamentos para as antocianinas monoméricas como cianidina-3-glicosídeo, petunidina-3-glicosídeo, delphinidina-3,6-acetil-glicosídeo e peonidina-3,6-acetil-glicosídeo. Para as demais antocianinas, além do ABA400, o tratamento testemunha também foi significativamente superior aos demais.

TEST: testemunha; ABA400: *S*-ABA 400 mg L⁻¹; ABA600: *S*-ABA 600 mg L⁻¹; AV200: *A. vera* 200 mL L⁻¹; AV400: *A. vera* 400 mL L⁻¹; AN02: extrato de *A. nodosum* 0,2 mL L⁻¹; e AN04: extrato de *A. nodosum* 0,4 mL L⁻¹. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$).

Na Figura 5, tem-se a análise de componentes principais (PCA) para as antocianinas individuais no vinho das uvas ‘Merlot’ na safra 2017/2018, que mostra os eixos 1 e 2 representando 93,2% da variação total. O eixo 1 apresenta todas as antocianinas individuais no escore positivo. O eixo 2 separou a peonidina e a delphinidina-3-glicosídeo no escore positivo, a cianidina, a delphinidina-3,6-acetil-glicosídeo e a petudinina-3,6-coumaril-glicosídeo no escore negativo. As demais localizaram-se ao centro.

As doses de AV e AN correlacionaram-se negativamente com as antocianinas individuais, enquanto a TEST e as doses de ABA correlacionaram-se positivamente com as antocianinas individuais.

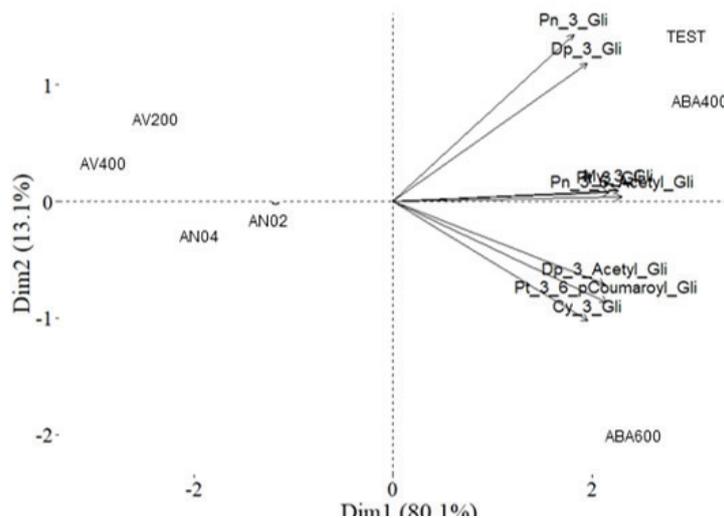


Figura 5. Análises de componentes principais para antocianinas individuais no vinho das uvas ‘Merlot’ na safra 2017/18. TEST: testemunha; ABA400: *S*-ABA 400 mg L⁻¹; ABA600: *S*-ABA 600 mg L⁻¹; AV200: *A. vera* 200 mL L⁻¹; AV400: *A. vera* 400 mL L⁻¹; AN02: extrato de *A. nodosum* 0,2 mL L⁻¹; e AN04: extrato de *A. nodosum* 0,4 mL L⁻¹.

DISCUSSÃO

Compostos fenólicos e atividade enzimática da epiderme das uvas

Inúmeros autores já relataram os efeitos do uso do *S*-ABA no amadurecimento de frutos, principalmente na viticultura. Em uvas das cultivares Primitivo e Malbec, por exemplo, foi demonstrado que a dose de 600 mg L⁻¹ levou ao aumento do teor de polifenóis e antocianinas totais (Pessenti et al., 2019, 2020). Neste trabalho com a ‘Merlot’, os teores de antocianinas totais, polifenóis totais e a atividade da enzima fenilalanina amônia-liase foram aumentados pelo uso do *S*-ABA em pelo menos uma safra. Isso ocorre porque a síntese de antocianinas depende de fatores internos, como o ácido abscísico (*S*-ABA), que induz o fator de transcrição MYB1A, proteína que regula a transcrição dos genes que compõem a rota biossintética de antocianinas (Jeong et al., 2004; Koyama et al., 2018, 2019).

Tabela 2. Antocianinas totais (mg 100 g⁻¹), polifenóis totais (mg EAG 100 L⁻¹), FAL (U g⁻¹ h⁻¹), POD (U g⁻¹) e PPO (U g⁻¹) das bagas 'Merlot' tratadas em pré-colheita com diferentes produtos nas safras 2017/18 e 2018/19.

'Merlot'	Antocianinas totais (mg 100 g ⁻¹)		Polifenóis totais (mg EAG 100 L ⁻¹)		FAL (U g ⁻¹ h ⁻¹)		POD (U g ⁻¹)		PPO (U g ⁻¹)	
	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19
TEST	148,77 b	28,65 b	1.120,02 c	986,69 b	150 b	63,61 d	534,35 c	23,50 b	33,45 b	196,50
ABA400	173,21 b	49,60 a	1.232,84 c	1.253,35 b	149,5 b	375,31 c	3.632,31 a	4,85 b	13,50 b	202,00
ABA600	206,11 a	45,45 a	1.348,23 c	1.768,74 a	474 a	636,13 b	1.653,94 b	74,85 a	39,25 b	465,00
AV200	204,58 a	14,37 c	1.350,79 c	1.020,02 b	275 b	1.348,60 a	1.253,18 b	80,65 a	96,90 a	393,50
AV400	136,04 b	34,16 b	1.822,59 a	1.255,92 b	200,5 b	852,41 b	375,31 c	90,80 a	64,30 a	290,0
AN02	149,18 b	43,49 a	1.420,02 c	1.281,56 b	188 b	916,03 b	1.036,89 b	49,30 b	16,95 b	275,0
AN04	163,13 b	56,56 a	1.571,30 b	1.714,89 a	216 b	795,16 b	1.641,22 b	34 b	40,80 b	273,5

TEST: testemunha; ABA400: S-ABA 400 mg L⁻¹; ABA600: S-ABA 600 mg L⁻¹; AV200: A. vera 200 mL L⁻¹; AV400: A. vera 400 mL L⁻¹; AN02: extrato de A. nodosum 0,2 mL L⁻¹ e AN04: extrato de A. nodosum 0,4 mL L⁻¹. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott (p ≤ 0,05).

Tabela 3. Antocianinas totais (mg 100 g⁻¹), L, cromas, ângulo hue, índice CIRG e capacidade antioxidante DPPH (μmol TE L⁻¹) do vinho das uvas 'Merlot' tratadas em pré-colheita com diferentes produtos nas safras 2017/18 e 2018/19.

'Merlot'	Antocianinas totais (mg 100 g ⁻¹)		L		Ângulo hue		Croma		CIRG		DPPH	
	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19
TEST	63,84 c	51,73 a	18,16 a	21,99 b	31,49 a	32,86 a	59,95 a	64,43 a	1,90 g	1,70 c	5,27 b	7,91 b
ABA400	107,33 a	40,42 b	15,40 g	16,94 f	29,47 d	30,72 b	55,70 d	57,15 e	2,10 d	2,01 a	5,82 b	7,32 b
ABA600	78,71 b	50,40 a	15,89 d	17,28 e	28,98 f	30,86 b	54,81 g	58,07 d	2,15 a	1,97 b	8,09 a	20,94 a
AV200	83,6 b	36,55 b	17,22 b	18,49 d	30,65 b	32,07 a	58,25 b	59,70 c	1,97 f	1,89 c	6,83 b	6,50 b
AV400	79,63 b	34,92 b	16,45 c	22,43 a	29,90 c	33,38 a	56,90 c	64,44 a	2,04 e	1,68 e	7,72 a	8,91 b
AN02	81,46 b	44,19 a	15,46 f	20,08 c	28,99 f	32,67 a	55 f	32,16 b	2,14 b	1,79 d	6,50 b	7,32 b
AN04	80,54 b	47,45 a	15,58 e	20,11 c	29,08 e	32,85 a	55,28 e	62,17 b	2,12 c	1,78 d	9,29 a	19,93 a

TEST: testemunha; ABA400: S-ABA 400 mg L⁻¹; ABA600: S-ABA 600 mg L⁻¹; AV200: A. vera 200 mL L⁻¹; AV400: A. vera 400 mL L⁻¹; AN02: extrato de A. nodosum 0,2 mL L⁻¹; e AN04: extrato de A. nodosum 0,4 mL L⁻¹. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott (p ≤ 0,05).

Tabela 4. Antocianinas individuais do vinho das uvas 'Merlot' tratadas em pré-colheita com diferentes produtos na safra 2017/18.

'Merlot'	Antocianinas individuais (mg L ⁻¹)											
	Cianidina-3-glicosídeo	Malvidina-3-glicosídeo	Peonidina-3-glicosídeo	Delfinidina-3-glicosídeo	Petunidina-3-glicosídeo	Petunidina-3-glicosídeo	Delfinidina-3,6-acetil-glicosídeo	Peonidina-3,6-acetil-glicosídeo	Petunidina-3-(p-coumari)glicosídeo	Petunidina-3-(p-coumari)glicosídeo	Petunidina-3-(p-coumari)glicosídeo	Petunidina-3-(p-coumari)glicosídeo
TEST	0,7825 b	4,4184 a	1,8093 a	1,1406 a	0,8454 b	0,8454 b	0,7812 b	1,0935 b	0,7695 b	0,7695 b	0,7695 b	0,7695 b
ABA400	0,7796 b	4,3767 a	1,7222 a	1,1235 a	0,8597 a	0,8597 a	0,8034 a	1,1522 a	0,7696 b	0,7696 b	0,7696 b	0,7696 b
ABA600	0,7897 a	4,0607 b	1,0798 b	1,0255 b	0,8495 b	0,8495 b	0,8023 a	1,0786 b	0,7759 a	0,7759 a	0,7759 a	0,7759 a
AV200	0,7685 c	2,5305 f	1,0348 b	1,0172 b	0,8238 c	0,8238 c	0,766 b	0,8717 e	0,7578 c	0,7578 c	0,7578 c	0,7578 c
AV400	0,7689 c	2,7177 e	1,0681 b	0,9604 c	0,8016 d	0,8016 d	0,7628 b	0,8675 e	0,7587 c	0,7587 c	0,7587 c	0,7587 c
AN02	0,779 b	2,9189 d	1,0413 b	1,0413 b	0,8253 c	0,8253 c	0,7702 b	0,9237 d	0,7606 c	0,7606 c	0,7606 c	0,7606 c
AN04	0,7728 c	3,2393 c	0,9864 b	0,9864 c	0,802 d	0,802 d	0,7718 b	0,9523 c	0,7614 c	0,7614 c	0,7614 c	0,7614 c

TEST: testemunha; ABA400: S-ABA 400 mg L⁻¹; ABA600: S-ABA 600 mg L⁻¹; AV200: A. vera 200 mL L⁻¹; AV400: A. vera 400 mL L⁻¹; AN02: extrato de A. nodosum 0,2 mL L⁻¹ e AN04: extrato de A. nodosum 0,4 mL L⁻¹. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott (p ≤ 0,05).

A evolução do conteúdo de antocianinas em uvas tintas é caracterizada por três estágios: primeiramente, apresenta um ligeiro aumento; o segundo estágio é caracterizado por um aumento pronunciado; e na última fase, há estabilização seguida de queda até o fim da maturação tecnológica (Ribéreau-Gayon, 1982). Em cultivares de *Vitis vinifera* L., as antocianinas são produzidas durante o período de maturação a partir da fase de pintor. Essa fase é caracterizada por uma mudança da cor da epiderme devida ao acúmulo de antocianinas nas cascas das uvas vermelhas. Práticas culturais que aumentam diretamente a exposição dos cachos ao sol, além de aumentarem a temperatura, favorecem a síntese de antocianinas, aumentando os compostos fenólicos totais e a densidade da cor de vinhos (Pirie & Mullins, 1977; Almeida & Ono, 2016; Deng et al., 2019; Gutiérrez-Gamboa et al., 2020a).

Diferentes resultados têm sido relatados por alguns autores sobre as características físico-químicas dos cachos após a aplicação de extratos de algas marinhas nas videiras. Essas diferenças podem ser atribuídas a vários fatores, como a cultivar da uva, o tipo de formulação ou as espécies de algas aplicadas (Khan et al., 2009; Frioni et al., 2018, 2019). No entanto, nenhum estudo foi realizado para verificar a qualidade final do vinho produzido a partir dessas uvas.

Em uvas de mesa ‘Perlette’, um tratamento baseado em uma mistura de aminoácidos com um extrato de *A. nodosum* levou à melhoria das características físico-químicas, como aumento da produtividade, do tamanho de baga, e incremento no teor de sólidos solúveis, acidez total, pH, teor de antocianinas totais e polifenóis totais (Khan et al., 2009, 2012). No entanto, em uvas ‘Narince’, o tratamento com *A. nodosum* não afetou as características físico-químicas nas amostras de uvas tratadas (Sabir et al., 2014).

Em uvas ‘Sangiovese’, o bioestimulante à base de *A. nodosum* não afetou o rendimento, número de cachos por videira, peso médio do cacho, teor de sólidos solúveis, pH e acidez titulável, enquanto as antocianinas totais e os compostos fenólicos totais nas cascas das uvas foram superiores aos das amostras não tratadas (Frioni et al., 2018, 2019). A aplicação de extrato de *A. nodosum* em ‘Pinot Noir’ e ‘Cabernet Franc’ não afetou os teores de sólidos solúveis, pH, acidez titulável e fenólicos totais; enquanto em ambas as cultivares, o conteúdo total de antocianinas da casca da uva foi incrementado (Frioni et al., 2018).

De maneira geral, em nosso estudo foram observados efeitos dos tratamentos com *S*-ABA e *A. nodosum*, como aumento dos teores de compostos fenólicos, de antocianinas totais e da atividade das enzimas FAL e POD na epiderme de uvas ‘Merlot’. Para as características do vinho, os tratamentos com ABA melhoraram os teores de antocianinas totais, os índices de coloração CIRG, L, C e ângulo hue, assim como aumentaram a sua atividade antioxidante.

Deng et al. (2019) demonstraram que os reguladores vegetais (*S*-ABA) ou bioestimulantes desempenham um papel importante na melhoria da cor de uvas maduras, aumentando o nível de transcrição de vários genes, tais como PAL, DFR, CHI, F3H, GST, CHS e UFGT (Deng et al., 2019). No presente estudo, os tratamentos com *S*-ABA e *A. nodosum* também promoveram o aumento da atividade da enzima fenilalanina amônia-liase na epiderme da ‘Merlot’, a qual é precursora da biossíntese dos flavonoides. Houve incremento também nos teores de antocianinas totais e polifenóis totais. No vinho da ‘Merlot’, o *A. nodosum* promoveu incremento na cor, assim como na atividade antioxidante e antocianinas totais.

Fan et al. (2011) observaram maior conteúdo fenólico nas maiores doses de extrato de *A. nodosum* em espinafre, o qual foi relacionado à maior capacidade antioxidante, em virtude das maiores quantidades de compostos antioxidantes não enzimáticos e aumento da atividade de enzimas antioxidantes, incluindo POD e superóxido dismutase (SOD). A maior atividade antioxidante é uma característica importante para melhorar o valor nutricional de frutas e vegetais, bem como prolongar sua vida útil, aumentando, assim, o valor comercial de produtos frescos (Fan et al., 2011, 2014).

O aumento da eficiência da fotossíntese resulta na produção de mais fotoassimilados (monossacarídeos), que podem reagir com as antocianidinas para formar antocianinas. Os extratos de algas marinhas contêm fito-hormônios, como ácido indolacético, citocininas, ácido giberélico, poliaminas

e ácido abscísico (Deng et al., 2019). Muitos genes envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas são regulados por fito-hormônios, que podem desencadear as sequências promotoras dos genes. Neste trabalho, os tratamentos com S-ABA e *A. nodosum* aumentaram a atividade da FAL em pelo menos uma safra. A enzima FAL é precursora da rota biossintética dos flavonoides, formando, como um dos produtos finais, as antocianinas. Resultados similares foram encontrados no aumento da FAL com uso de ABA (Sun et al., 2019), aumento da FAL e chalcona isomerase com doses de ABA (Hiratsuka et al., 2001) e, com doses de *A. nodosum*, aumento da chalcona isomerase, na qual contribui para a biossíntese das antocianinas (Fan et al., 2011).

Além disso, os altos níveis de fenilalanina e monossacarídeos podem ser outras fontes importantes para a formação de antocianinas. A fenilalanina atua como precursor para formar antocianidinas, que, por sua vez, são glicosiladas por monossacarídeos para formar antocianinas estáveis (Deng et al., 2019).

Gutiérrez-Gamboa et al. (2020b) aplicaram duas doses de *A. nodosum* em uvas ‘Tempranillo Branco’ e não verificaram diferenças para as características enológicas, tais como acidez volátil, pH, teor alcoólico e acidez total. No entanto, esses mesmos autores analisaram os compostos voláteis no vinho e verificaram que o extrato de *A. nodosum* pode influenciar nos teores de álcoois superiores, ésteres etílicos e conteúdo de ácidos graxos (Gutiérrez-Gamboa et al., 2020b).

A polifenoloxidase (PPO) é uma enzima oxidorredutase e contém cobre (Içieret al., 2008). A PPO catalisa a oxidação de compostos monofenólicos o-fenólicos para o-quinonas, que são subsequentemente polimerizadas em pigmentos de cor escura. Essa metaloenzima, amplamente distribuída nas plantas, tem impacto no sabor e no aroma das frutas, uma vez que os compostos fenólicos desempenham um papel nos sabores amargos, doces, picantes ou adstringentes em frutas, vegetais e especiarias (Valderrama et al., 2001; Daas Amieur & Hambaba, 2016).

A peroxidase (POD) tem um acréscimo em sua solubilidade durante o período de maturação dos frutos e, conseqüentemente, ocorre um aumento na atividade dessa enzima no pós-climatérico (Valderrama et al., 2001). Essas enzimas podem participar de inúmeras reações oxidativas e de biodegradação, tais como mudança de cor, degradação da clorofila ou auxinas, oxidação de fenóis, oxidação do ácido indolacético, biossíntese da lignina, e muitos desses fatores também podem ser associados com flavor, cor, textura e qualidade nutricional dos alimentos. O controle da atividade dessas enzimas é de grande relevância para a tecnologia de alimentos, uma vez que estas são responsáveis pelo escurecimento em frutas e vegetais e seus produtos processados. Neste trabalho, as enzimas POD e PPO foram mais ativas com o uso de *Aloe vera* em pré-colheita.

O uso de *Aloe vera*, em pré-colheita, em uvas de mesa pode melhorar a sua conservação pós-colheita. Alguns autores têm encontrado resultados positivos nas características químicas e de cor ao usarem gel de *Aloe vera*. Há relatos de que as poliaminas são reconhecidas como hormônios vegetais anti-senescência, e a ocorrência de poliaminas livres nos géis de *AV* pode ser considerada uma boa fonte de controle da senescência em frutos em tratamentos em pré e pós-colheita (Castillo et al., 2010; Zapata et al., 2013). Neste trabalho foram encontrados resultados positivos nos índices de cor do vinho, além de maior atividade antioxidante. Na epiderme, as doses de *AV* aumentaram os teores de antocianinas, polifenóis e atividade enzimática da PPO e POD, em pelo menos uma safra estudada.

Castillo et al. (2010) realizaram a aplicação em pré-colheita de gel de *A. vera* em uvas ‘Autumn Royal’ e não encontraram diferenças significativas para as características químicas, como sólidos solúveis, pH e acidez titulável; porém, observou-se que houve retenção na mudança de cor, o que foi verificado em razão do maior valor de ângulo hue, uma vez que a diminuição desse ângulo está relacionada ao escurecimento da casca pela aceleração do processo de maturação.

Além disso, o escurecimento da casca está associado a um aumento no teor de antocianinas totais, enquanto a aplicação pós-colheita do gel de *AV* como um revestimento comestível retardou o acúmulo de antocianinas na casca da uva (Valverde et al., 2005). Resultados semelhantes, em termos

de atrasos nas mudanças de cor, foram observados em cerejas submetidas ao gel de AV imediatamente após a colheita (Martínez-Romero et al., 2006).

Análises dos compostos fenólicos, índices de cor e atividade antioxidante no vinho)

Em relação às variáveis fenólicas no vinho, o *S*-ABA e *A. nodosum* aumentaram os teores das antocianinas totais; porém, os teores de polifenóis totais não foram influenciados pelos tratamentos em nenhuma safra. Para os índices de cor (L, C, e ângulo hue), os tratamentos com ambas as doses de *S*-ABA foram significativamente superiores para todas as variáveis, assim como para o índice CIRG e capacidade antioxidante. Para o ângulo hue e DPPH, o *A. nodosum* também aumentou os valores de ângulo hue e DPPH. Koyama et al. (2014a, 2014b) verificaram aumentos nos teores de antocianinas e polifenóis totais, tanto na baga quanto no suco de uva da cultivar Isabel, quando aplicado *S*-ABA. Alguns autores também relataram aumento das antocianinas totais e individuais no suco com a aplicação de *S*-ABA, tendo contribuído para o incremento das características de cor (Luan et al., 2013, 2014; Koyama et al., 2018). As antocianinas identificadas nas amostras do vinho foram derivadas de cinco antocianidinas monoglicosadas: delfinidina (Dp), cianidina (Cy), petunidina (Pt), peonidina (Pn) e malvidina (Mv). Todas elas foram significativamente aumentadas com pelo menos uma das doses testadas de *S*-ABA.

Esses resultados são potencialmente interessantes para a produção de vinhos tintos, considerando o aspecto de comercialização, do ponto de vista do benefício do seu consumo para a saúde humana, mais precisamente dos seus efeitos antioxidantes. Percival (1996) explana que os antioxidantes são nossa primeira linha de defesa contra os danos dos radicais livres e são essenciais para manter a saúde e o bem-estar. A necessidade de antioxidantes se torna ainda mais crítica com o aumento da exposição aos radicais livres.

A atividade antioxidante do vinho, uvas frescas ou suco de uva é, portanto, atribuível a diferentes tipos de constituintes fenólicos (Orak, 2007). A atividade antioxidante das frutas decorre principalmente dos fenólicos, principalmente dos flavonoides. Estes exercem atividade anti-inflamatória, antialérgica, antiviral, antienvelhecimento e anticarcinogênica (Orak, 2007; Brillante et al., 2015; Domingues Neto et al., 2017; Frioni et al., 2018).

As antocianinas são pigmentos naturais, responsáveis por uma ampla gama de cores em uvas e vinhos tintos (Lee et al., 1979). A cianidina é a antocianidina mais comum, e o 3-glicosídeo é a antocianina antioxidante mais ativa. As antocianinas, uma subclasse de flavonoides, acarretam uma forte correlação entre a capacidade antioxidante e os fenóis totais.

CONCLUSÃO

A aplicação exógena do bioestimulante *Ascophyllum nodosum* 0,4 mL L⁻¹ em pré-colheita aumentou a qualidade fenólica nas cascas de uvas ‘Merlot’.

O aumento do conteúdo de antocianinas totais na epiderme de uvas ‘Merlot’ e no vinho, associado com o aumento das antocianinas monoméricas na dose 600 mg L⁻¹ de *S*-ABA leva à conclusão que esse regulador vegetal é um interessante complemento a ser usado pelos produtores rurais durante o manejo vitícola do pomar, promovendo incremento de cor e qualidade fenólica.

As aplicações foliares de gel de *Aloe vera* 200 mL L⁻¹ em pré-colheita em cultivares viníferas, como a ‘Merlot’, apresentaram os melhores resultados na atividade antioxidante do vinho e nas atividades enzimáticas, como polifenoloxidase e peroxidase. Os três produtos aplicados apresentaram resultados positivos. Nos aspectos avaliados na ‘Merlot’, para o extrato de alga *Ascophyllum nodosum* e gel de *Aloe vera*, é importante mais estudos em diferentes estádios fenológicos e combinados com mais aplicações desses produtos para obter resultados mais congruentes na viticultura.

Esses produtos se mostraram promissores para serem utilizados na viticultura, em que apresentaram resultados notáveis na qualidade da uva e do vinho. Este trabalho é pioneiro em avaliar tais produtos em uvas finas no Sul do País. Sendo assim, fazem-se necessários mais estudos em diferentes variedades e estágios fenológicos para obter futuros resultados.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho é derivativo de uma tese de doutorado com ênfase em fitotecnia e fitossanidade na Universidade Estadual de Ponta Grossa, e foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- ALBERTI, A.; ZIELINSKI, A.A.F.; ZARDO, D.M.; DEMIATE, I.M.; NOGUEIRA, A.; MAFRA, L.I. Optimisation of the extraction of phenolic compounds from apples using response surface methodology. **Food Chemistry**, v.149, p.151-158, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.086>.
- ALMEIDA, M.B.; ONO, E.O. Efeitos de diferentes níveis de desfolha sobre a fisiologia, a produção e a qualidade das uvas e dos vinhos da variedade Syrah em condições tropicais semiáridas brasileiras. **Revista Semiárido De Visu**, v.4, p.160-175, 2016. DOI: <https://doi.org/10.31416/rsdv.v4i3.149>.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food Science and Technology**, v.28, p.25-30, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- BRILLANTE, L.; TOMASI, D.; GAIOTTI, F.; GIACOSA, S.; TORCHIO, F.; SEGADE, S.R.; SIRET, R.; ZOUID, I.; ROLLE, L. Relationships between skin flavonoid content and berry physical-mechanical properties in four red wine grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). **Scientia Horticulturae**, v.197, p.272-279, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.053>.
- CARREÑO, J.; MARTÍNEZ, A.; ALMELA, L.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.A. Proposal of an index for the objective evaluation of the colour of red table grapes. **Food Research International**, v.28, p.373-377, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(95\)00008-A](https://doi.org/10.1016/0963-9969(95)00008-A).
- CASTILLO, S.; NAVARRO, D.; ZAPATA, P.J.; GUILLÉN, F.; VALERO, D.; SERRANO, M.; MARTÍNEZ-ROMERO, D. Antifungal efficacy of *Aloe vera* in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. **Postharvest Biology and Technology**, v.57, p.183-188, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.04.006>.
- CHRYSARGYRIS, A.; NIKOU, A.; TZORTZAKIS, N. Effectiveness of *Aloe vera* gel coating for maintaining tomato fruit quality. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.44, p.203-217, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/01140671.2016.1181661>.
- DAAS AMIOUR, S.; HAMBABA, L. Effect of pH, temperature and some chemicals on polyphenoloxidase and peroxidase activities in harvested Deglet Nour and Ghars dates. **Postharvest Biology and Technology**, v.111, p.77-82, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.027>.
- DELGADO DE LA TORRE, M.P.; PRIEGO-CAPOTE, F.; LUQUE DE CASTRO, M.D. Tentative identification of polar and mid-polar compounds in extracts from wine lees by liquid chromatography-tandem mass spectrometry in high-resolution mode. **Journal of Mass Spectrometry**, v.50, p.826-837, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/jms.3592>.
- DENG, Q.; XIA, H.; LIN, L.; WANG, J.; YUAN, L.; LI, K.; ZHANG, J.; LV, X.; LIANG, D. SUNRED, a natural extract-based biostimulant, application stimulates anthocyanin production in the skins of grapes. **Scientific Reports**, v.9, art.2590, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39455-0>.
- DOMINGUES NETO, F.J.; TECCHIO, M.A.; PIMENTEL JUNIOR, A.; VEDOATO, B.T.F.; LIMA, G.P.P.; ROBERTO, S.R. Effect of ABA on colour of berries, anthocyanin accumulation and total phenolic compounds of 'Rubi' table grape (*Vitis vinifera*). **Australian Journal of Crop Science**, v.11, p.199-205, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.02.p269>.
- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v.196, p.3-14, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>.

- FAN, D.; HODGES, D.M.; ZHANG, J.; KIRBY, C.W.; JI, X.; LOCKE, S.J.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* enhances phenolic antioxidant content of spinach (*Spinacia oleracea* L.) which protects *Caenorhabditis elegans* against oxidative and thermal stress. **Food Chemistry**, v.124, p.195-202, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.008>.
- FAN, D.; KANDASAMY, S.; HODGES, D.M.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Pre-harvest treatment of spinach with *Ascophyllum nodosum* extract improves post-harvest storage and quality. **Scientia Horticulturae**, v.170, p.70-74, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.02.038>.
- FRIONI, T.; SABBATINI, P.; TOMBESI, S.; NORRIE, J.; PONI, S.; GATTI, M.; PALLIOTTI, A. Effects of a biostimulant derived from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on ripening dynamics and fruit quality of grapevines. **Scientia Horticulturae**, v.232, p.97-106, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.054>.
- FRIONI, T.; TOMBESI, S.; QUAGLIA, M.; CALDERINI, O.; MORETTI, C.; PONI, S.; GATTI, M.; MONCALVO, A.; SABBATINI, P.; BERRÍOS, J.G.; PALLIOTTI, A. Metabolic and transcriptional changes associated with the use of *Ascophyllum nodosum* extracts as tools to improve the quality of wine grapes (*Vitis vinifera* cv. Sangiovese) and their tolerance to biotic stress. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.99, p.6350-6363, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9913>.
- FU, Z.; XU, P.; HE, S.; SILVA, J.A.T. da; TANAKA, M. Dynamic changes in enzyme activities and phenolic content during in vitro rooting of tree peony (*Paeonia suffruticosa* Andr.) plantlets. **Maejo International Journal of Science and Technology**, v.5, p.252-265, 2011.
- GAUILLARD, F.; RICHARD-FORGET, F.; NICOLAS, J. New spectrophotometric assay for polyphenol oxidase activity. **Analytical Biochemistry**, v.215, p.59-65, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1006/abio.1993.1554>.
- GUTIÉRREZ-GAMBOA, G.; GARDE-CERDÁN, T.; MARTÍNEZ-LAPUENTE, L.; SOUZA-DA-COSTA, B.; RUBIO-BRETÓN, P.; PÉREZ-ÁLVAREZ, E.P. Phenolic composition of Tempranillo Blanco (*Vitis vinifera* L.) grapes and wines after biostimulation via a foliar seaweed application. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.100, p.825-835, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.10094>.
- GUTIÉRREZ-GAMBOA, G.; GARDE-CERDÁN, T.; PORTU, J.; MORENO-SIMUNOVIC, Y.; MARTÍNEZ-GIL, A.M. Foliar nitrogen application in Cabernet Sauvignon vines: effects on wine flavonoid and amino acid content. **Food Research International**, v.96, p.46-53, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.025>.
- GUTIÉRREZ-GAMBOA, G.; GARDE-CERDÁN, T.; RUBIO-BRETÓN, P.; PÉREZ-ÁLVAREZ, E.P. Seaweed foliar applications at two dosages to Tempranillo blanco (*Vitis vinifera* L.) grapevines in two seasons: effects on grape and wine volatile composition. **Food Research International**, v.130, art.108918, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108918>.
- HIRATSUKA, S.; ONODERA, H.; KAWAI, Y.; KUBO, T.; ITOH, H.; WADA, R. Enzyme activity changes during anthocyanin synthesis in 'Olympia' grape berries. **Scientia Horticulturae**, v.90, p.255-264, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00266-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00266-1).
- İÇİER, F.; YILDIZ, H.; BAYSAL, T. Polyphenoloxidase deactivation kinetics during ohmic heating of grape juice. **Journal of Food Engineering**, v.85, p.410-417, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.08.002>.
- JEONG, S.T.; GOTO-YAMAMOTO, N.; KOBAYASHI, S.; ESAKA, M. Effects of plant hormones and shading on the accumulation of anthocyanins and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in grape berry skins. **Plant Science**, v.167, p.247-252, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.03.021>.
- KHAN, A.S.; AHMAD, B.; JASKANI, M.J.; AHMAD, R.; MALIK, A.U. Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract improve growth and physicochemical properties of grapes. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.14, p.383-388, 2012.
- KHAN, W.; RAYIRATH, U.P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M.N.; RAYORATH, P.; HODGES, D.M.; CRITCHLEY, A.T.; CRAIGIE, J.S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.28, p.386-399, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>.
- KOSE, C.; ERDAL, S.; KAYA, O.; ATICI, O. Comparative evaluation of oxidative enzyme activities during adventitious rooting in the cuttings of grapevine rootstocks. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.91, p.738-741, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4244>.
- KOYAMA, R.; ASSIS, A.M. de; YAMAMOTO, L.Y.; BORGES, W.F.; BORGES, R. de S. Exogenous abscisic acid increases the anthocyanin concentration of berry and juice from 'Isabel' grapes (*Vitis labrusca* L.). **HortScience**, v.49, p.460-464, 2014a. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.4.460>.
- KOYAMA, R.; COLOMBO, R.C.; BORGES, W.F.S.; SILVESTRE, J.P.; HUSSAIN, I.; SHAHAB, M.; AHMED, S.; PRUDENCIO, S.H.; SOUZA, R.T. de; ROBERTO, S.R. Abscisic acid application affects color and acceptance of the new hybrid 'BRS Melodia' seedless grape grown in a subtropical region. **HortScience**, v.54, p.1055-1060, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13872-19>.
- KOYAMA, R.; ROBERTO, S.R.; SOUZA, R.T. de; BORGES, W.F.S.; ANDERSON, M.; WATERHOUSE, A.L.; CANTU, D.; FIDELIBUS, M.W.; BLANCO-ULATE, B. Exogenous abscisic acid promotes anthocyanin biosynthesis and increased expression of flavonoid synthesis genes in *Vitis vinifera* × *Vitis labrusca* table grapes in a subtropical region. **Frontiers in Plant Science**, v.9, art.323, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00323>.

- KOYAMA, R.; YAMAMOTO, L.Y.; BORGES, W.F.S.; PASCHOLATI, M.B.; BORGES, R. de S.; ASSIS, A.M. de; ROBERTO, S.R. Épocas de aplicação e concentrações de ácido abscísico no incremento da cor da uva 'Isabel'. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p.1697-1706, 2014b. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4p1697>.
- LEE, J.C.; TOMANA, T.; UTSUNOMIYA, N.; KATAOKA, I. Physiological study on the anthocyanin development in grape. I. Effect of fruit temperature on the anthocyanin development in 'Kyoho' variety. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, v.20, p.56-60, 1979.
- LEES, D.H.; FRANCIS, F.J. Standardization of pigment analyses in cranberries. **HortScience**, v.7, p.83-84, 1972. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.7.1.83>.
- LUAN, L.-Y. Comparing the effects of exogenous abscisic acid on the phenolic composition of Yan 73 and Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) wines. **European Food Research and Technology**, v.239, p.203-213, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2206-z>.
- LUAN, L.-Y.; ZHANG, Z.-W.; XI, Z.-M.; HUO, S.-S.; MA, L.-N. Brassinosteroids regulate anthocyanin biosynthesis in the ripening of grape berries. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v.34, p.196-203, 2013. DOI: <https://doi.org/10.21548/34-2-1094>.
- MARCON FILHO, J.L.; HIPÓLITO, J. de S.; MACEDO, T.A. de; KRETZSCHMAR, A.A.; RUFATO, L. Raleio de cachos sobre o potencial enológico da uva 'Cabernet Franc' em duas safras. **Ciência Rural**, v.45, p.2150-2156, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140995>.
- MARTÍNEZ-ROMERO, D.; ALBUQUERQUE, N.; VALVERDE, J.M.; GUILLÉN, F.; CASTILLO, S.; VALERO, D.; SERRANO, M. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: a new edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, v.39, p.93-100, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.09.006>.
- MICHALAK, I.; TYŚKIEWICZ, K.; KONKOL, M.; RÓJ, E.; CHOJNACKA, K. Seaweed extracts as plant biostimulants in agriculture. In: ROUPHAEL, Y.; DU JARDIN, P.; BROWN, P.; DE PASCALE, S.; COLLA, G. (Ed.). **Biostimulants for sustainable crop production**. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing, 2020. p.77-124. DOI: <https://doi.org/10.19103/AS.2020.0068.05>.
- ORAK, H.H. Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenoloxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations. **Scientia Horticulturae**, v.111, p.235-241, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.10.019>.
- PERCIVAL, M. Antioxidants. **Clinical Nutrition Insights**, v.1, p.1-4, 1996.
- PESENTI, I.L.; AYUB, R.A.; BOTELHO, R.V. Defoliation, application of S-ABA and vegetal extracts on the quality of grape and wine Malbec cultivar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.41, e-018, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452019018>.
- PESENTI, I.L.; AYUB, R.A.; BOTELHO, R.V.; ROBERTO, S.R. Quality improvement of 'Primitivo' grape by manual defoliation and abscisic acid application. **Research, Society and Development**, v.9, e1039119647, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9647>.
- PIRIE, A.; MULLINS, M.G. Interrelationships of sugars, anthocyanins, total phenols and dry weight in the skin of grape berries during ripening. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.28, p.204-209, 1977.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2020.
- RIBÉREAU-GAYON, P. The anthocyanins of grapes and wines. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p.209-244.
- RODRIGUES, A.A.C.; BEZERRA NETO, E.; COELHO, R.S.B. Indução de resistência a *Fusarium oxysporum* f. sp. *Tracheiphilum* em caupi: eficiência de indutores abióticos e atividade enzimática elicitada. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, p.492-499, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-41582006000500009>.
- ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Editorial: biostimulants in agriculture. **Frontiers in Plant Science**, v.11, art.40, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>.
- SABIR, A.; YAZAR, K.; SABIR, F.; KARA, Z.; YAZICI, M.A.; GOKSU, N. Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer pulverizations. **Scientia Horticulturae**, v.175, p.1-8, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.05.021>.
- SALVI, L.; BRUNETTI, C.; CATALDO, E.; NICCOLAI, A.; CENTRITTO, M.; FERRINI, F.; MATTII, G.B. Effects of *Ascophyllum nodosum* extract on *Vitis vinifera*: consequences on plant physiology, grape quality and secondary metabolism. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.139, p.21-32, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.002>.
- SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, p.144-158, 1965.
- SOGVAR, O.B.; KOUSHESH SABA, M.; EMAMIFAR, A. *Aloe vera* and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.114, p.29-35, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.019>.
- SUN, Y.; LIU, Q.; XI, B.; DAI, H. Study on the regulation of anthocyanin biosynthesis by exogenous abscisic acid in grapevine. **Scientia Horticulturae**, v.250, p.294-301, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.054>.

TASKOS, D.; STAMARIADIS, T.; YVIN, J.-C.; JAMOIS, F. Effects of an *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. extract on grapevine yield and berry composition of a Merlot vineyard. **Scientia Horticulturae**, v.250, p.27-32, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.030>.

URBANEK, H.; KUZNIAK-GEBAROWSKA, E.; HERKA, K. Elicitation of defence responses in bean leaves by *Botrytis cinerea* polygalacturonase. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.13, p.43-50, 1991.

VALDERRAMA, P.; MARANGONI, F.; CLEMENTE, E. Efeito do tratamento térmico sobre a atividade de peroxidase (POD) e polifenoxidase (PPO) em maçã (*Mallus comunis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, p.321-325, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612001000300012>.

VALVERDE, J.M.; VALERO, D.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; GUILLÉN, F.; CASTILLO, S.; SERRANO, M. Novel edible coating based on *Aloe vera* gel to maintain table grape quality and safety. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.7807-7813, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf050962v>.

WILLEMSE, C.M.; STANDER, M.A.; VESTNER, J.; TREDoux, A.G.J.; VILLIERS, A. de. Comprehensive two-dimensional hydrophilic interaction chromatography (HILIC) × reversed-phase liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry (RP-LC-UV-MS) analysis of anthocyanins and derived pigments in red wine. **Analytical Chemistry**, v.87, p.12006-12015, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b03615>.

ZAPATA, P.J.; NAVARRO, D.; GUILLÉN, F.; CASTILLO, S.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; VALERO, D.; SERRANO, M. Characterisation of gels from different *Aloe* spp. as antifungal treatment: potential crops for industrial applications. **Industrial Crops and Products**, v.42, p.223-230, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.002>.
