

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Curso de Graduação em Farmácia-Bioquímica

Avaliação do impacto do tratamento pré-colheita com metil jasmonato na formação de compostos voláteis do aroma em uvas (*Vitis labrusca*)

Niara Tanabe da Silva

Trabalho de Conclusão do Curso de
Farmácia-Bioquímica da Faculdade de
Ciências Farmacêuticas da
Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Purgatto

São Paulo

2023

Sumário

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	3
LISTA DE TABELAS	4
LISTA DE ABREVIATURAS	6
RESUMO.....	7
1. Introdução.....	8
2. Objetivos.....	9
3. Material e Métodos	9
3.1 Tratamento dos frutos	9
3.2 Quantificação de açúcares solúveis.....	10
3.3 Quantificação de ácidos orgânicos	10
3.3 Quantificação de compostos fenólicos totais	11
3.4 Determinação de antocianinas.....	11
3.5 Análise de perfil dos compostos voláteis	12
3.6 Análises dos dados	12
4 Resultados e Discussões	13
4.1 Análise de açúcares solúveis.....	13
4.2 Análise de ácidos orgânicos	15
4.3 Análise de compostos fenólicos totais	17
4.4 Análise de antocianinas	18
4.5 Análise de perfil dos compostos voláteis	20
5 Conclusão.....	44
6 Referências	46

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Score Plot dos grupos controle (C1, C2 e C3 em vermelho) e tratado (M1, M2 e M3 em verde) da cultivar Concord na vindima 2014-15	34
Figura 2 - Score Plot dos grupos controle (I_1, I_2 e I_3 em vermelho) e tratado (M_1, M_2 e M_3 em verde) da cultivar Isabel Precoce na vindima 2014-15	34
Figura 3 - Score Plot dos grupos controle (C1, C2 e C3 em vermelho) e tratado (M1, M2 e M3 em verde) da cultivar Concord na vindima 2015-16	34
Figura 4 - Score Plot dos grupos controle (I1, I2 e I3 em vermelho) e tratado (M1, M2 e M3 em verde) da cultivar Isabel Precoce na vindima 2015-16	34
Figura 5 - Heat-map dos grupos controle (CT_15) e tratado (MJ_15) da cv. Concord na vindima 2014-15	35
Figura 6 - Heat-map dos grupos controle (CT_16) e tratado (MJ_16) da cv. Concord na vindima 2015-16	36
Figura 7 - Vias de formação de compostos voláteis	37
Figura 8 - Heat-map dos grupos controle (CT_15) e tratado (MJ_15) da cultivar Isabel Precoce na vindima 2014-15	39
Figura 9 - Heat-map dos grupos controle (CT_16) e tratado (MJ_16) da cultivar Isabel Precoce na vindima 2015-16	40
Figura 10 - Heat-map dos grupos controle (CT_15) e tratado (MJ_15) da cultivar Concord na vindima 2014-15 juntamente com os grupos controle (CT_16) e tratado (MJ_16) na vindima 2015-16	42
Figura 11 - Heat-map dos grupos controle (CT_15) e tratado (MJ_15) da cultivar Isabel Precoce na vindima 2014-15 juntamente com os grupos controle (CT_16) e tratado (MJ_16) na vindima 2015-16	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantificação de compostos fenólicos totais nas uvas da vindima 2014-15 determinados pelo método de Folin-Ciocateu em mg de AGE (equivalentes de ácido gálico) para 100g de uva b.u (n=6).....	18
Tabela 2 - Quantificação de compostos fenólicos totais nas uvas da vindima 2015-16 determinados pelo método de Folin-Ciocateu em mg de AGE (equivalentes de ácido gálico) para 100g de uva b.u (n=6).....	18
Tabela 3 - Quantificação de antocianinas (Malvidina Aglicona) nas uvas da vindima 2014-15 em g/100g de uva.....	19
Tabela 4 - Quantificação de antocianinas (Malvidina Aglicona) nas uvas da vindima 2015-16 em g/100g de uva.....	19
Tabela 5 - Compostos voláteis detectados por SPME-CG-MS em uvas da cultivar Concord do grupo Controle (vindima 2014-2015).....	20
Tabela 6 - Compostos voláteis detectados por SPME-CG-MS em uvas da cultivar Concord tratadas com metil jasmonato (vindima 2014-2015).....	22
Tabela 7 - Compostos voláteis detectados por SPME-CG-MS em uvas da cultivar Concord grupo controle (vindima 2015-2016)	24
Tabela 8 - Compostos voláteis detectados por SPME-CG-MS em uvas da cultivar Concord grupo tratado (vindima 2015-2016).....	26
Tabela 9 - Compostos voláteis detectados por SPME-CG-MS em uvas da cultivar Concord e Isabel Precoce nas vindimas 2014-15 e 2015-16	29
Tabela 10 - Compostos que apresentaram diferença notável com o tratamento nas uvas Concord na vindima 2014-15.....	37
Tabela 11 - Compostos que apresentaram diferença notável com o tratamento nas uvas Concord na vindima 2015-16.....	38
Tabela 12 - Compostos que apresentaram diferença notável com o tratamento nas uvas Isabel Precoce na vindima 2014-15	41

Tabela 13 - Compostos que apresentaram diferença notável com o tratamento nas uvas Isabel Precoce na vindima 2015-16	41
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

AGE	Ácido Gálico Equivalente
CAR	Carboxeno
CLAE/ DAD	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência/ Detector por Arranjo de Diodos
DVB	Divinilbenzeno
ES	Estilbeno Sintase
FAO	Food and Agriculture Organization
FDA	Food Drug and Administration
GC-MS	Gas chromatography–mass spectrometry
GRAS	Generally Recognized as Safe
HPLC-PAD	High-Performance Liquid Chromatography/Pulsed Amperometric Detector
MJ	Metil Jasmonato
PAL	Fenilalanina Amonia Liase
PDMS	Polidimetilsiloxano
PLS-DA	Partial Least Squares Discriminant Analysis
SPME	Solid Phase Microextraction
VIP	Variable Importance in Projection
WHO	World Health Organization

RESUMO

Da Silva, N. T. *Avaliação do impacto do tratamento pré-colheita com metil jasmonato na formação de compostos voláteis do aroma em uvas (Vitis labrusca)*. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso de Farmácia-Bioquímica – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Palavras-chave: aroma, uvas, metil jasmonato.

INTRODUÇÃO: Sabendo da importância econômica da *Vitis labrusca*, tanto para o consumo in natura como para elaboração de sucos, vinhos e geleias no Brasil, as intervenções propostas neste trabalho, visaram incrementar as características nutricionais sem prejuízo da qualidade sensorial, obtendo frutos mais atrativos ao consumidor.

OBJETIVO: O objetivo deste estudo foi avaliar o tratamento de metil jasmonato (MJ) na pré-colheita sobre a formação de compostos voláteis em uvas das cultivares Concord e Isabel Precoce em dois anos consecutivos (2014-15 e 2015-16, sendo anos de cultivo e aplicação do tratamento até a colheita).

MATERIAL E MÉTODOS: O tratamento foi feito em uvas cultivadas em Bento Gonçalves, RS, através do método de aspersão, utilizando-se de duas soluções: uma contendo 10 mM de MJ em água destilada para o grupo tratado e outra somente de água destilada para o controle, aplicadas em 2 momentos: 'veraison' e 2 semanas prévias à colheita. A identificação de voláteis foi feita pela técnica de microextração de fase sólida (SPME) e cromatografia gasosa acoplada com espectrometria de massa (GC-MS). A análise dos compostos foi realizada pelo software MassHunter, o índice Kovats e as análises multivariadas do MetaboAnalyst3.0.

RESULTADOS: Observou-se em ambas as cultivares, a presença dos compostos foxy, descritos na literatura como característicos de *Vitis labrusca*. O tratamento afetou o perfil de compostos voláteis, especialmente em ésteres e aldeídos. Para as uvas de 2014-15, o MJ estimulou a biossíntese de ésteres em ambas as cultivares, além de aldeídos e álcoois na cultivar Concord. Em 2015-16 o tratamento aumentou a quantidade dos ésteres já identificados. Esses compostos provenientes de ácidos fenólicos, podem ser originados da ação da enzima fenilalanina amônia liase (PAL). Sabe-se que o MJ tem apresentado em diversos frutos, efeitos indutores da expressão da enzima mencionada assim como a da estilbeno sintase (ES), que estão diretamente relacionadas a síntese de compostos secundários, como compostos fenólicos e estilbenos. Além disso, em alguns trabalhos com MJ, foi observado o aumento dos compostos derivados de terpenóides, uma das duas grandes vias oxidativas do metabolismo de ácidos graxos, que é considerado o maior gerador de precursores de compostos voláteis.

CONCLUSÃO: No que diz respeito ao efeito sobre os componentes aromáticos encontrados, é possível esperar uma melhoria nas sensações de odor da fruta. Vale notar que o tratamento com MJ afetou especialmente a via dos compostos derivados de ácidos fenólicos e terpenóides, além de aumentar a presença de compostos voláteis como ésteres, que são predominantes e característicos de uva.

1. Introdução

O aroma está diretamente associado à qualidade dos alimentos, sendo essencial para a caracterização e sensação de sabor do mesmo. Sabendo disso, é possível compreender a importância dos compostos voláteis que definem o aroma.

Há evidências de que a presença de compostos voláteis em frutos é influenciada por sinais hormonais produzidos pela planta. Porém, o conhecimento sobre os diversos mecanismos de formação desses compostos, por ser muito complexo, ainda é considerado escasso. Compostos voláteis, são substâncias de baixo peso molecular que incluem monoterpenos, C13-norisoprenoides, álcoois, ésteres e carbonilas. A biossíntese desses compostos ocorre em diversas vias metabólicas, havendo maior concentração durante o amadurecimento, que é influenciada por diversos fatores, como o clima e o ecossistema ao redor da planta (Yang et al., 2009).

Dentre os hormônios vegetais que demonstraram efeitos indutores no aumento do teor de compostos secundários em frutos, estão os jasmonatos, que desempenham um importante papel na defesa vegetal. Nessa classe hormonal, é possível encontrar um éster volátil, o metil-jasmonato (MJ), que está envolvido na comunicação entre plantas, além de atuar como importante regulador intracelular de diversos processos de desenvolvimento e respostas de defesa (Vezzuli et al., 2007). Por ocorrer naturalmente nas plantas, o MJ está presente na maioria das frutas, possui um histórico seguro de exposição alimentar e também foi considerado como agente flavorizante não tóxico pela FAO/WHO. Além disso, é classificado pela Food Drug and Administration (FDA) como substância “Generally Recognized as Safe (GRAS)” (Pfeife, et al., 2013).

A uva é considerada um fruto não-climatérico. Sabe-se que em estudos semelhantes com frutos deste tipo, como o morango (Moreno et al., 2010) e a framboesa (Blanch et al., 2011), o MJ é capaz de promover um aumento na biossíntese de compostos derivados da via dos terpenóides e da via da lipoxigenase, como linalool, beta-ionona e hexanal, entre outros, cujas notas aromáticas são descritas como “florais” ou “frutadas”, caracterizadas como as mais agradáveis ao olfato humano.

Tomando por base os estudos bem sucedidos citados acima, para identificar efeitos provocados pelo MJ em uvas e caracterizar alterações em parâmetros de qualidade importantes para aceitação do fruto, como o aroma, foram realizadas as

análises descritas no presente projeto, cujos resultados e discussão são apresentados neste trabalho.

Neste projeto foram realizadas análises de açúcares solúveis, ácidos orgânicos e compostos fenólicos das uvas cultivares Isabel Precoce e Concord. Além disso, foi realizada a quantificação de antocianinas para ambas as cultivares, cujos resultados também serão discutidos neste trabalho. Na análise de perfil de compostos voláteis, as substâncias identificadas em ambas as vindimas foram compiladas e analisadas quantitativamente, ressaltando e justificando a sua importância pela literatura. Ao final desta análise, o perfil foi analisado como um todo e, portanto, discutido o impacto do tratamento do hormônio metil-jasmonato no aroma das uvas.

2. Objetivos

O objetivo deste projeto foi avaliar o tratamento de metil-jasmonato (MJ) na pré-colheita sobre a formação de compostos voláteis em uvas das cultivares Concord e Isabel Precoce em dois anos consecutivos (2014-15 e 2015-16, sendo anos de cultivo e aplicação do tratamento até a colheita).

Considerando a importância econômica da *Vitis labrusca*, tanto para o consumo *in natura* como para elaboração de sucos, vinhos e geleias no Brasil, as intervenções com MJ propostas neste projeto, visaram incrementar as características nutricionais sem prejuízo da qualidade sensorial. Face a um mercado que vem demonstrando uma crescente preocupação quanto à qualidade e segurança dos alimentos que consome, intervenções que utilizem compostos naturalmente produzidos pelas plantas podem representar uma interessante estratégia para a possível obtenção de frutos ainda melhores nesses aspectos citados e com características mais atrativas ao consumidor.

3. Material e Métodos

3.1 Tratamento dos frutos

Uvas americanas (*Vitis labrusca*) das cultivares Concord e Isabel Precoce provenientes de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul (29° 10' 26" S e 51° 31' 7" W, altitude de 671 metros), foram submetidas ao tratamento com metil-jasmonato (MJ) no período de pré-colheita, baseado em protocolos da literatura e desenvolvido a partir de testes preliminares. O tratamento foi efetuado através do método de aspersão,

utilizando-se duas soluções: uma contendo 10 mM de MJ disperso em água destilada e outra somente de água destilada para o grupo controle, aplicadas em 2 momentos: durante a mudança de cor das bagas (conhecida como *veraison*) e 2 semanas prévias a colheita. Para a cultivar Isabel Precoce, também foi realizado um teste na vindima de 2015, onde os frutos receberam a aplicação do tratamento com MJ, apenas 2 semanas próximas a colheita, nomeado neste trabalho como “3F”.

As uvas foram colhidas no ponto de maturação comercial (apresentando aproximadamente 16-18 °Brix para uvas Isabel Precoce e 16 °Brix para Concord) sendo transportadas para o Laboratório de Química Bioquímica e Biologia Molecular de Alimentos da FCF-USP. Os frutos tiveram suas polpas congeladas integralmente em N₂ líquido, sendo armazenadas a -80°C, a fim de preservar suas características para a realização das análises.

Os ensaios foram repetidos no mínimo duas vezes, contando também com triplicatas, de modo que cada ponto de coleta foi representado por pelo menos duas replicatas biológicas. Para caracterização das amostras foram quantificadas o conteúdo de açúcares solúveis, ácidos orgânicos, compostos fenólicos totais, antocianinas e o perfil de compostos voláteis.

3.2 Quantificação de açúcares solúveis

A partir da amostra contendo o fruto triturado, foram pesados 100 mg em um microtubo de 1,5 mL, e adicionados 0,5 mL etanol 80%. As amostras foram então agitadas e centrifugadas, separando em seguida o sobrenadante. A solução foi evaporada à vácuo, reconstituída com 1 mL de água ultrapurificada, filtrada e colocada em vials identificados. O conteúdo de açúcares solúveis foi determinado por cromatografia em fase líquida (HPLC-PAD) com detecção por amperometria de pulso em um sistema Dionex DX- 500, equipado com coluna Carbopac PA1 (4x250mm), em corrida isocrática com fluxo de 1mL/min de NaOH 18mM, durante 25 min (Mainardi et al. 2006). Para as curvas de calibração foram utilizados padrões de glicose, frutose e sacarose (Sigma). O volume de amostra injetado no sistema cromatográfico foi 25 µL.

3.3 Quantificação de ácidos orgânicos

A extração dos ácidos orgânicos das amostras foi realizada com água deionizada, sendo logo após processada em homogeneizador do tipo Potter, mantida

em banho de gelo, centrifugada e, posteriormente separada dos açúcares solúveis por meio da resina de troca aniônica Bio-Rex 5 (Bio Rad Labs), segundo a metodologia de McCord et al, 1984. Em seguida, as amostras foram quantificadas em sistema cromatográfico HP 1100 equipado com detector de arranjo diodos. As amostras foram injetadas em duplicatas e os resultados expressos em g por 100g de amostra. As curvas de calibração foram feitas com o auxílio de padrões dos ácidos: málico, tartárico (Supelco). A coluna utilizada foi a Supelcogel 610H (300 x 7,8 mm, 9 µm diâmetro de partícula, Supelco, Co.). A fase móvel utilizada foi o ácido ortofosfórico 0,4%, com fluxo de 0,5mL/min. O volume de amostra injetado no sistema cromatográfico foi 20 µL, com a corrida em modo isocrático e monitoramento do efluente em 210 nm.

3.3 Quantificação de compostos fenólicos totais

A determinação de compostos fenólicos totais foi realizada através do método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (Swain E Hillis, 1959). Os fenólicos totais foram expressos como ácido gálico equivalente por grama (AGE/g).

3.4 Determinação de antocianinas

A extração das antocianinas das uvas foi realizada de acordo com o método descrito por Ribeiro et al. (2015) com modificações. Foram avaliados através dos extratos metanólicos das amostras, os quais foram eluídos em coluna de 1 g de Poliamida (CC 6, Macherey-Nagel), preparada em seringa própria de 6 mL (HPLC Technology). As colunas foram pré-condicionadas pela passagem de 20 mL de metanol e 50 mL de água deionizada. Após a aplicação do extrato, a coluna foi lavada com 20 mL de água deionizada e a eluição das antocianinas foi realizada com 50 mL de metanol. O fluxo através da coluna foi controlado por meio de manifold (Visiprep 24 DL Supelco, Bellefonte, PA). Os eluatos foram completamente secos através de rotaevaporação (Rotavapor, RE 120, Büchi, Flawil, Suíça) sob vácuo a 40° C, ressuspensos em 1 mL de água acidificada com ácido fórmico (pH 3) e filtrados em filtros de polietileno com membrana PTFE (Millipore Ltd., Bedford, E.U.A.) de 0,45µm de poro.

A quantificação das antocianinas foi realizada através de cromatografia líquida de alta eficiência e detector com arranjo de diodo (CLAE/DAD) utilizando um (Agilent Technologies, modelo 1260 Infinity). A coluna utilizada foi a Prodigy Prodigy 5 µ ODS3 (250 x 4,60 mm) (Phenomenex Ltd., Reino Unido) com fluxo de 0,8 mL/min, 25 °C, e a eluição sendo realizada com gradiente de solventes constituído por A: água/ácido

fórmico/acetonitrila (96:1:3, v/v/v) e B: água/ácido fórmico/acetonitrila (49:1:50, v/v/v) conforme descrito em Ribeiro et al. (2015). A corrida foi monitorada nos comprimentos de onda de 525 e 270 nm. A identificação dos picos foi realizada por comparação do tempo de retenção e similaridade com espectro de absorção de padrões comerciais e os espectros contidos na biblioteca do próprio equipamento, previamente inseridos no método. Para quantificação foi utilizado o padrão de malvidina aglicona (Sigma, Chemical Co., St. Louis, EUA). Os resultados foram expressos como mg de aglicona por 100 g em base úmida.

3.5 Análise de perfil dos compostos voláteis

Para o preparo da amostra, foram selecionadas 10 bagas ainda congeladas que, após terem suas sementes removidas, foram maceradas em nitrogênio líquido, com auxílio de gral e pistilo. Aproximadamente 3g de amostra foram pesadas, em triplicatas, e colocadas em vials âmbar de 20 ml com tampa magnetizada e septo de silicone. Em cada vial foi adicionado 7 mL de solução saturada de NaCl. Os vials com as amostras foram então congelados a -20°C. O método de extração de voláteis por (SPME) contou com o auxílio de uma fibra de carboxeno, divinilbenzeno de 50/30 µm de espessura em polidimetilsiloxano da Supelco® (CAR/DVB/PDMS). Para a captura dos compostos voláteis, os vials foram descongelados por aproximadamente 15 minutos a temperatura ambiente, passando por 10 minutos de concentração dos compostos voláteis no *headspace* do frasco, sob agitação a 40°C, seguidos por 40 minutos de exposição da fibra para adsorção, nas mesmas condições. Em seguida, a fibra foi exposta por 5 minutos para dessorção no injetor do CG-EM.

Foi utilizado o cromatógrafo Hewlett-Packard modelo 6890 acoplado a um detector seletivo de massas da mesma empresa modelo 5973. A coluna cromatográfica empregada foi a Sulpelcowax 10 (30mts x 0,25mm D.I. x 0,25µm de espessura de filme). Inicialmente, a programação de temperatura foi: 35°C por 3 minutos, indo até 250°C em 6°C/min, (Qun et al., 2011).

3.6 Análises dos dados

Para os resultados derivados das análises de açúcares solúveis e ácidos orgânicos, compostos fenólicos e antocianinas, foram realizados testes de Análise de Variância (ANOVA), comparando as médias em cada ponto e, quando houver diferenças

significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos e o grupo controle, foi feito o Teste de Tukey, ambos utilizando o programa GraphPad Prism 5.0.

Já para os resultados da análise dos compostos voláteis, foram analisados os espectros de massas obtidos, após a deconvolução dos picos cromatográficos pelo software Mass Hunter, sendo comparados com os da biblioteca NIST versão 2011, considerando uma identificação aceitável aqueles com índice de similaridade acima de 70%. Além disso, foram calculados os índices de retenção (Kovats) a partir das injeções de uma mistura de padrões de alcanos (de C6 a C34, Supelco, Co) e comparados com os encontrados na literatura (NIST Webbook, ChemSpider e Pherobase), a fim de tornar a identificação dos compostos mais confiável. As Análises de Quadrados Mínimos Parciais e Agrupamento Hierárquico foram realizadas na plataforma MetaboAnalyst 3.0 (Xia e Wishart, 2016).

4 Resultados e Discussões

Os resultados das análises de açúcares solúveis, ácidos orgânicos e compostos fenólicos totais da cultivar Concord, de ambas as vindimas: 2014-2015 e 2015-2016. Estes resultados serão também apresentados neste relatório, juntamente aos da cultivar Isabel Precoce, para facilitar uma análise comparativa entre ambas, sobre os efeitos do tratamento com MJ. Os resultados apresentam-se separados por análise e posteriormente, em uma parte final de discussões que abordará o perfil de todas as análises de modo geral.

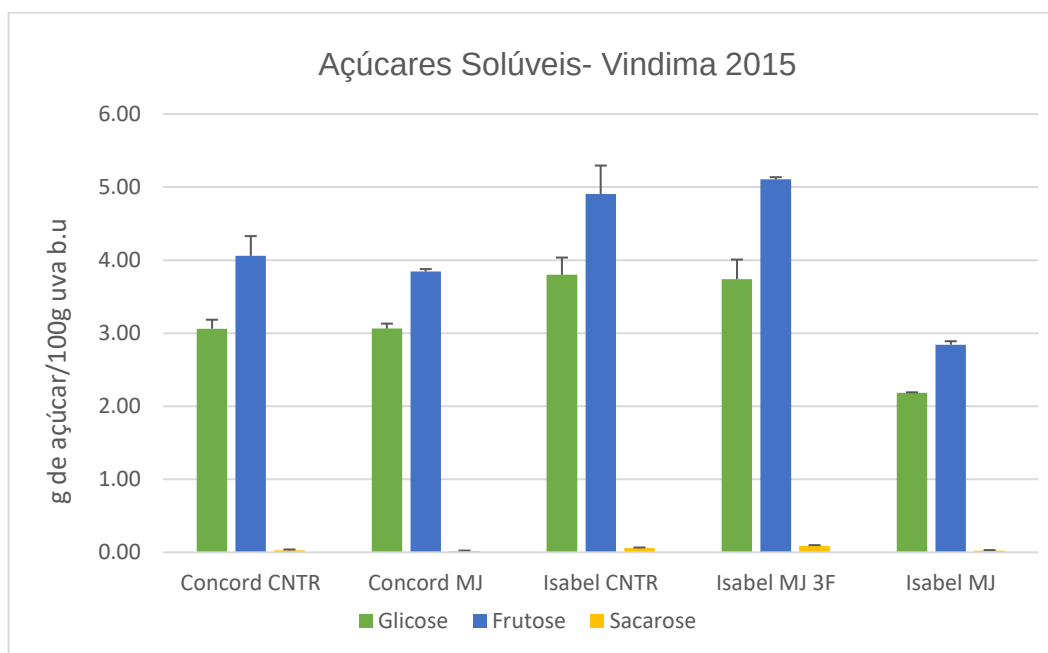
Cabe salientar que um tratamento diferenciado foi aplicado na cultivar Isabel Precoce, onde foi realizado um teste para determinar qual o período mais adequado para a aplicação de metil-jasmonato. Devido a este acontecimento, os resultados para o grupo tratado da Isabel Precoce na vindima 2014-15 estão separados em dois grupos, sendo um deles denominado “3F”.

4.1 Análise de açúcares solúveis

Para a quantificação dos açúcares solúveis nas amostras, foram utilizados padrões de sacarose, glicose e frutose, uma vez que eles representam os principais açúcares solúveis encontrados nos frutos em geral (Geròs et al, 2012). Os valores foram calculados em gramas de cada um dos açúcares a cada 100 gramas de amostra em base úmida. Separados por vindima e tratamento, as médias e desvios padrões de cada

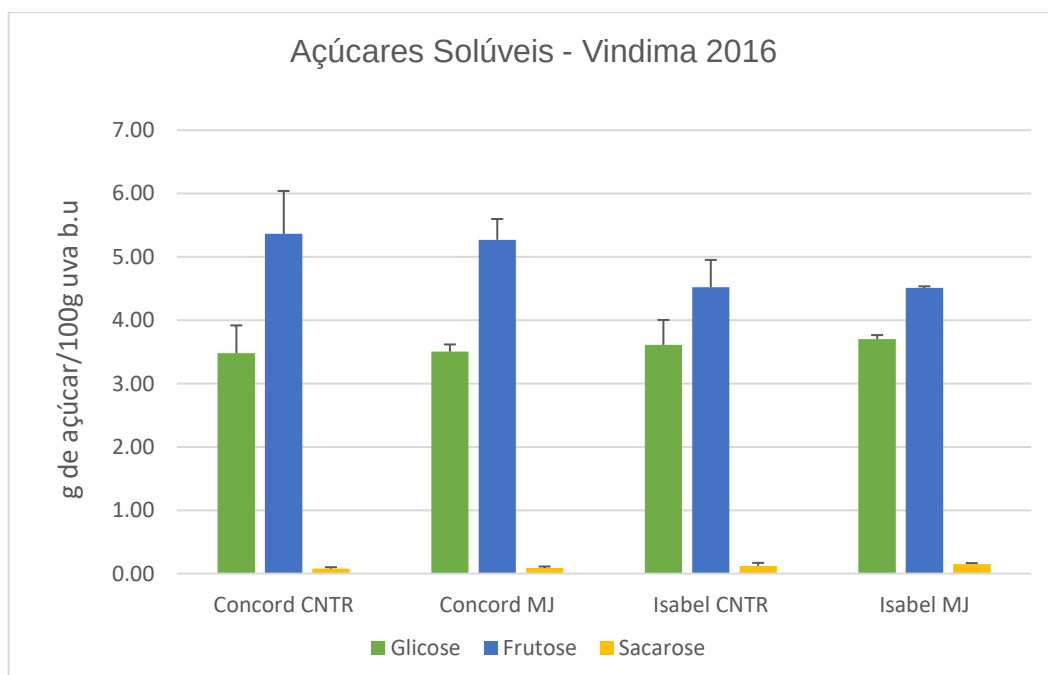
açúcar em ambas as cultivares da vindima 2014-15 encontram-se no GRAF 1, enquanto as da vindima 2015-16 estão no GRAF. 2.

GRÁFICO 1 - Quantificação de açúcares solúveis nas uvas da vindima 2014-15 em g/100g de uva (n=3)



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

GRÁFICO 2 - Quantificação de açúcares solúveis nas uvas da vindima 2015-16 em g/100g de uva (n=3)



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

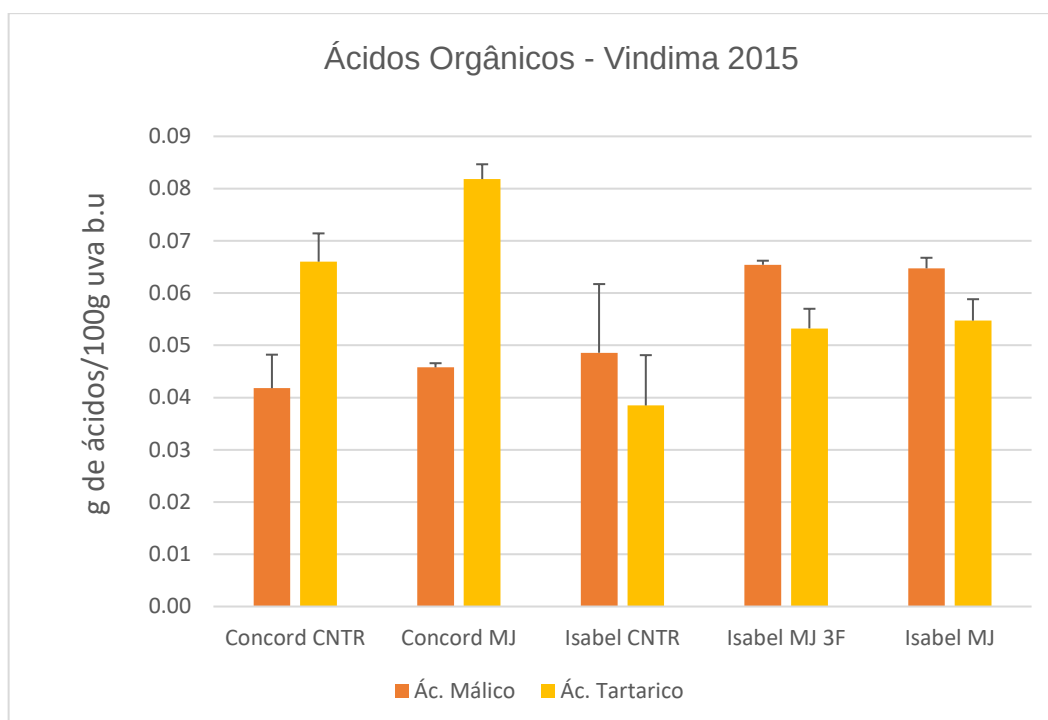
Como é possível observar, o conteúdo médio de glicose e frutose destacaram-se da sacarose, apresentando maiores valores. Nas duas cultivares, é possível perceber que ocorre maior diferença de quantidade de açúcares solúveis totais entre vindimas, do que os valores entre os grupos controle e tratado. Sabe-se que diversos fatores ambientais podem afetar a quantidade de açúcares no fruto, o que caracteriza e salienta a singularidade de cada vindima, visto que a quantidade de chuva influencia o acúmulo de açúcares e a sanidade da uva, bem como a insolação desempenha papel fundamental no amadurecimento (Giovannini, E. 2005).

Por meio de análises estatísticas das médias dos açúcares solúveis totais, observou-se diferenças significativas somente entre as vindimas, sendo o maior conteúdo de frutose na cultivar Isabel Precoce na vindima de 2014-15. Portanto, o tratamento com MJ não foi um fator com influência significativa nessa análise de açúcares solúveis.

4.2 Análise de ácidos orgânicos

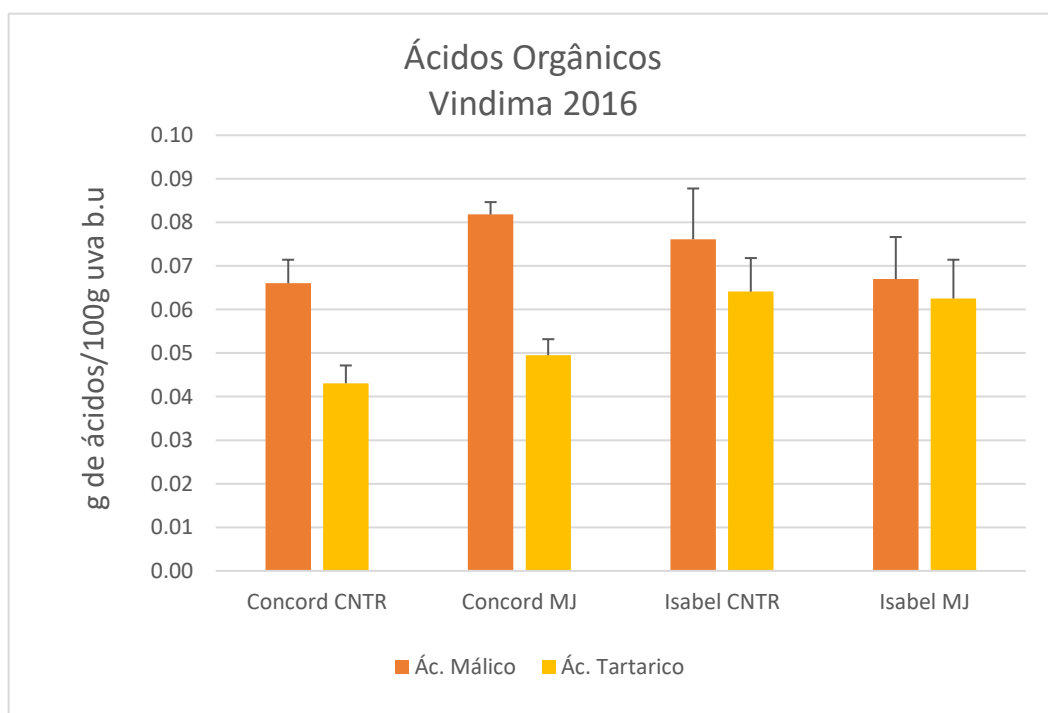
Os principais componentes dos sólidos solúveis da polpa da uva são os açúcares solúveis, porém, os ácidos orgânicos também desempenham importante papel na constituição do sabor destes frutos. Um dos critérios para avaliar a maturação da uva é seu teor em ácidos orgânicos, que, ao contrário dos açúcares, diminui a partir do início da maturação, quando iniciam as mudanças de cor. Sabendo que o ácido tartárico e málico são os principais representantes da acidez total em uvas (Kanelles et al, 1993), foram utilizados padrões desses ácidos para a quantificação dos ácidos orgânicos. As médias e desvios padrões calculados encontram-se nos GRAF 3 e 4.

GRÁFICO 3 - Quantificação de ácidos orgânicos (ácido tartárico e málico) nas uvas da vindima 2014-15 em g/100g de uva (n=3)



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

GRÁFICO 4 - Quantificação de ácidos orgânicos (ácido tartárico e málico) nas uvas da vindima 2015-16 em g/100g de uva (n=3)



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O conteúdo de ácidos orgânicos da cultivar Concord em ambas as vindimas, apresentou valores estatisticamente maiores para os ácidos tartárico e málico no grupo tratado com o MJ. Além disso, as médias dos ácidos também apresentam uma diferença considerável se comparadas entre as vindimas. Na cultivar Concord, na vindima 2015-16 destaca-se as elevadas quantidades de ácido málico, enquanto na vindima do ano anterior o ácido tartárico demonstra um aumento significativo entre os grupos controle e tratado.

Analisando esses valores juntamente com a cultivar Isabel Precoce, foi possível observar novamente quantidades maiores dos ácidos orgânicos no grupo tratado da vindima 2014-15 e do ácido málico na vindima 2015-16. Na cultivar Isabel Precoce, essa diferença significativa ocorre principalmente com o ácido málico na vindima 2014-15. Cabe notar mais uma vez que as médias dos ácidos também apresentam uma diferença considerável quando comparadas entre as vindimas de cada cultivar.

Sabe-se que o teor desses ácidos é principalmente influenciado pelos fatores naturais, especialmente a exposição ao sol e o calor no período de maturação da uva (Kliewer et al., 1967). Praticamente, um período de maturação mais ensolarado e com temperaturas mais elevadas resultam na maior degradação da acidez na uva e, conseqüentemente, o fruto fica menos ácido.

Portanto, o fenômeno observado pelas análises acima nas duas cultivares não pode ser considerado uma consequência exclusiva do tratamento realizado com MJ, sendo provavelmente apenas influenciado pelo período de colheita ou mesmo o clima durante a maturação das uvas, que também teve sua influência na análise de açúcares solúveis.

4.3 Análise de compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos são responsáveis pela cor e adstringência da uva, sendo as antocianinas, os taninos, os flavonoides e os ácidos fenólicos, os mais importantes (Miele et al., 1990). Os resultados para o conteúdo de compostos fenólicos totais encontrados para as cultivares Concord e Isabel Precoce podem ser observados nas tabelas a seguir, sendo a TAB 1 para a Vindima 2014-15 e a TAB 2 para a Vindima 2015-16.

Tabela 1 - Quantificação de compostos fenólicos totais nas uvas da vindima 2014-15 determinados pelo método de Folin-Ciocalteu em mg de AGE (equivalentes de ácido gálico) para 100g de uva b.u (n=6)

Vindima 2014-15					
	Concord CNTR	Concord MJ	Isabel CNTR	Isabel MJ 3F	Isabel MJ
Média	300,47	275,43	200,24	288,57	239,53
Desvio Padrão	55,06	62,70	57,54	42,63	27,97

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Tabela 2 - Quantificação de compostos fenólicos totais nas uvas da vindima 2015-16 determinados pelo método de Folin-Ciocalteu em mg de AGE (equivalentes de ácido gálico) para 100g de uva b.u (n=6)

Vindima 2015-16				
	Concord CNTR	Concord MJ	Isabel CNTR	Isabel MJ
Média	342,33	386,00	276,05	255,18
Desvio Padrão	41,94	70,27	11,85	35,94

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Nota-se que na cultivar Concord, a média dos compostos fenólicos no grupo controle da vindima 2014-15 é maior do que no seu grupo tratado, enquanto o contrário ocorre na vindima 2015-16. Para a cultivar Isabel Precoce, a média de compostos fenólicos totais no grupo controle da vindima 2014-15 é menor do que seu grupo tratado, enquanto o contrário ocorre na vindima do ano seguinte. Porém, a análise estatística realizada com os dados acima mostra que a diferença observada entre o grupo controle e tratado de ambas as vindimas assim como das duas cultivares, não é significativa, estando estes valores de acordo com o encontrado na literatura (Ribeiro et al, 2015).

De forma geral, os frutos colhidos em 2015-16, apresentam maiores conteúdos de compostos fenólicos totais em comparação aos frutos colhidos na vindima de 2014-15 em ambas cultivares.

4.4 Análise de antocianinas

As antocianinas pertencem à família dos flavonóides, compostos fenólicos caracterizados pelo núcleo básico flavílio (cátion 2-fenilbenzopirílio) que consiste em dois anéis aromáticos unidos por uma unidade de três carbonos e condensados por um oxigênio. A molécula de antocianina é constituída por duas ou três porções, uma aglicona (antocianidina), um grupo de açúcares e, frequentemente, um grupo de ácidos orgânicos (FRANCIS, 1989). Para a quantificação dos resultados apresentados, foi utilizado o

padrão da Malvidina Aglicona, encontrando em g/100g de uva b.u. Os valores de média e desvio padrão para ambas as cultivares na vindima 2014-15 estão na TAB 3, e na TAB 4 para a vindima 2015-16.

Tabela 3 - Quantificação de antocianinas (Malvidina Aglicona) nas uvas da vindima 2014-15 em g/100g de uva

Vindima 2014-15					
	Concord CNTR	Concord MJ	Isabel CNTR	Isabel MJ 3F	Isabel MJ
Média	39,12	39,37	57,92	135,39 **	67,43 **
Desvio Padrão	1,84	3,66	2,57	2,70	1,51

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Tabela 4 - Quantificação de antocianinas (Malvidina Aglicona) nas uvas da vindima 2015-16 em g/100g de uva

Vindima 2015-16				
	Concord CNTR	Concord MJ	Isabel CNTR	Isabel MJ
Média	34,55	19,33 *	113,06	31,73 **
Desvio Padrão	3,10	2,43	2,45	5,33

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ao observar os dados nas tabelas, é possível perceber que na vindima 2014-15 a cultivar Concord não apresentou diferença notável entre os grupos controle e tratado, concordando com os dados de compostos fenólicos totais. Enquanto a cultivar Isabel Precoce apresentou uma diferença significativa entre os grupos controle e tratado, principalmente o grupo denominado “3F”. Na vindima 2015-16 (TAB 4), observa-se menores concentrações de antocianinas em frutos tratados com MJ, em ambas cultivares.

Segundo (KATO et al, 2012), geralmente as antocianinas são mais estáveis quando expostas à luz ultravioleta e visível, ou outras fontes de radiação ionizantes, porém, pode ocorrer uma degradação perceptível quando o fator luz é combinado com o efeito do oxigênio e da temperatura. Sendo assim, a degradação das antocianinas pode ser explicada pela combinação dos fatores mencionados, assim como outros (pH, estrutura química, degradação enzimática), e não necessariamente como sendo um efeito exclusivo do tratamento aplicado.

Além disso, vale ressaltar que o momento da aplicação do hormônio (veraison versus mid-ripening) também pode impactar o efeito do hormônio MJ na concentração

de antocianinas (Paladines-Quezada et al, 2021). É possível que essa estreita janela para aplicação do hormônio não tenha sido aproveitada ao máximo resultando em um resultado abaixo do esperado.

4.5 Análise de perfil dos compostos voláteis

Utilizando-se da técnica de microextração de fase sólida (SPME), a análise do perfil de compostos voláteis revelou o impacto do tratamento com MJ sobre a formação de compostos voláteis da uva. Foi possível observar a diversidade de classes orgânicas encontradas nos compostos voláteis, como por exemplo, álcoois, cetonas, aldeídos e ésteres, além da diversidade dos odores encontrados na literatura como característicos para certas substâncias, inclusive para uvas da *Vitis labrusca*.

Na cultivar Concord, em comparação com o grupo controle, foram encontradas 17 substâncias nas uvas tratadas com o hormônio não encontradas no grupo controle (substâncias de número 44 a 60 na TAB 6), além de diversos outros compostos voláteis comuns aos dois grupos. Porém, o número total de compostos encontrados no grupo de uvas tratadas, comparado com o seu grupo controle, foi 60 substâncias. O que pode ser observado ao comparar as tabelas, é que várias substâncias encontradas nos frutos tratados possuem odores conhecidos por participarem do aroma do vinho, de flores e de frutas, inclusive a uva. Possivelmente, a presença destas substâncias pode resultar em um aroma mais adocicado, frutado, e até mesmo mais reconhecido como de uva.

Tabela 5 - Compostos voláteis detectados por SPME-CG-MS em uvas da cultivar Concord do grupo Controle (vindima 2014-2015)

Nº	Substância detectada	Descrição do odor
1	Éster etílico do ácido butanóico ^{A, B}	floral, maçã
2	(2E) -2-butenato de etilo ^{A, B}	cítrico, caramelo
3	Nonanal ^{A, B}	cítrico, nota verde
4	Ácido octanóico, éster etílico ^{A, B}	vinho, fruta, floral
5	Ácido hexanóico, éster metílico ^{A, B}	fruta, fresco, adocicado
6	Ácido hexanóico, éster etílico ^{A, B}	maçã, fruta
7	Ácido decanóico, éster etílico ^{A, B}	uva
8	Mesifurano ^{A, B}	caramelo, adocicada
9	(2E, 4E) -2,4-decadienoato de etil ^{A, B}	pera
10	1-Octen-3-ol ^{B, C}	adocicado, herbal
11	Linalool ^{B, C, D}	floral, lavanda, cítrico
12	Alfa-Terpineol ^{B, C, D}	nota oleosa, menta, anis

13	Tolueno ^A	floral
14	Benzeno, 1, 3-dimetil- [p-Xileno] ^A	floral
15	Ácido butanóico, 2-metil-, éster etílico ^A	maçã
16	Etilbenzeno ^A	floral
17	D-Limonene ^A	cítrico, menta
18	Octanal ^A	limão, nota verde
19	Decanal ^A	casca de laranja
20	Antranilato de metila ^A	mel, floral
21	Hexanal ^B	grama
22	1-Hexanol ^B	floral, nota verde
23	1-Hexanol, 2-etil- ^B	rosa, nota verde
24	(E) -2-octenoato de etilo ^B	nota oleosa, pungente
25	Benzenoacetaldeído ^B	mel, adocicado
26	Trans-4-decenoato de etilo ^B	adocicado, laranja
27	Benzenoacético, éster etílico ^B	fruta, adocicado
28	Álcool feniletílico ^B	mel, rosa, floral
29	B-damascenona ^C	maçã, mel
30	Acetato de isobutilo	fruta, maçã, banana
31	2-Hexenal, (E) -	nota verde, folha
32	Alfa-Phellandreno	menta
33	Estireno	balsâmico, adocicado
34	Hex-3-enoato de etilo	nota verde, fruta
35	3-Hexen-1-ol, acetato, (Z) -	nota verde, fruta
36	2-Hexen-1-ol, acetato, (E) -	fruta
37	5-Hepten-2-ona, 6-metil-	cítrico
38	Éster etílico do ácido 2-hexenóico	abacaxi, maçã
39	Ácido octanóico, éster metílico	fruta, vinho
40	Ciclo-hexanol, 2-metil-, acetato, cis-	-
41	Ciclopentanol, 2-metil-, trans-	-
42	2-Hexen-1-ol, (E) -	nota verde, folha, amendoado
43	1-Hexanol, 4-metil-	-
44	Ácido 7-octenóico, éster etílico	-
45	Etilbenzeno	-
46	Ácido acético, éster hexílico	fruta, herbal
47	Benzeno, 1-metil-3- (1-metil-etil)	cítrico
48	Ácido heptanóico, éster metílico	floral, fruta
49	Benzaldeído	amendoado, açúcar queimado
50	3,7-dimetilocta-1,6-dien-3-il butanoato	pera, adocicado
51	3-Etil-4-metil-1-pentanol	-
52	3-acetoxibutirato de etil	-
53	(1R)-1-Isopropil-4-metil-3-cyclohexen-1-ol	noz-moscada, nota oleosa

54	Éster etílico do ácido tetra-hidrofurano-2-	-
55	1-oxaspiro [2,5] octano, 4,4-dimetil-8-	-
56	1-Ciclo-hexeno-1-carboxaldeído, 2,6,6-	menta
57	1-Nonanol	nota verde
58	Ácido benzóico, éster etílico	camomila, floral, herbal
59	Ácido hexanóico, éster 3-hidroxi-, etílico	fresco
60	Naftaleno	terroso
61	Ácido benzóico, 2-metoxi-, éster metílico	herbal, anis
62	Etil-2-aminobenzoato	flor de laranjeira
63	Ácido pentanoico, ésteres de 5-hidroxi, 2,4-	-
64	Ácido ftálico, éster 6-etil-3-octilbutílico	-
Legenda de letras		
A	Encontrada em (Schreier et al., 1981)	
B	Encontrada em (Yang et al., 2009)	
C	Encontrada em (Qun et al., 2011)	
D	Encontrada em (Martin et al., 2004)	
Sem letra subscrita	Não encontrada na literatura	
Fonte: Elaborado pela autora (2023). Referências: http://www.flavornet.org/flavornet.html ; http://www.thegoodscentscompany.com/ e Fenaroli's - Handbook of Flavor (2009).		

Tabela 6 - Compostos voláteis detectados por SPME-CG-MS em uvas da cultivar Concord tratadas com metil jasmonato (vindima 2014-2015)

Nº	Substância detectada	Descrição do odor
1	Éster etílico do ácido butanóico ^{A, B}	floral, maçã
2	(2E) -2-butenato de etilo ^{A, B}	cítrico, caramelo
3	Nonanal ^{A, B}	cítrico, nota verde
4	Ácido octanóico, éster etílico ^{A, B}	vinho, fruta, floral
5	Ácido decanóico, éster etílico ^{A, B}	uva
6	Mesifurano ^{A, B}	caramelo, adocicada
7	(2E, 4E) -2,4-decadienoato de etil ^{A, B}	pera
8	1-Octen-3-ol ^{B, C}	adocicado, herbal
9	Linalool ^{B, C, D}	floral, lavanda, cítrico
10	Alfa-Terpineol ^{B, C, D}	nota oleosa, menta, anis
11	Ácido butanóico, 2-metil-, éster etílico ^A	maçã
12	Etilbenzeno ^A	floral
13	Benzeno, 1, 3-dimetil- [p-Xileno] ^A	floral
14	D-Limonene ^A	cítrico, menta
15	Ácido hexanóico, éster etílico ^A	casca de maçã, fruta
16	Octanal ^A	limão, nota verde
17	Decanal ^A	casca de laranja

18	Etil-2-aminobenzoato	flor de laranjeira
19	Ácido benzóico, 2-metoxi-, éster metílico	herbal, anis
20	Naftaleno	terroso
21	Ácido hexanóico, éster 3-hidroxi-, etílico	fresco
22	Benzeno, 1, 3-dimetil- ^A	floral
23	Ácido benzóico, éster etílico	camomila, floral, herbal
24	Antranilato de metila ^A	mel, floral
25	Hexanal ^B	grama
26	1-Hexanol ^B	floral, nota verde
27	1-Hexanol, 2-etil- ^B	rosa, nota verde
28	(E) -2-octenoato de etilo ^B	nota oleosa, pungente
29	Trans-4-decenoato de etilo ^B	adocicado, laranja
30	Nonanol	nota verde
31	Álcool feniletílico ^B	mel, rosa, floral
32	B-damascenona ^C	maçã, mel
33	2-Hexenal, (E) -	nota verde, folha
34	Alfa-Phellandreno	menta
35	Éster etílico do ácido tetra-hidrofurano-2-acético	-
36	3-Hexen-1-ol, acetato, (Z) -	nota verde, fruta
37	2-Hexen-1-ol, acetato, (E) -	fruta
38	5-Hepten-2-ona, 6-metil-	cítrico
39	Éster etílico do ácido 2-hexenóico	abacaxi, maçã
40	Ácido octanóico, éster metílico	fruta, vinho
41	Ciclopentanol, 2-metil-, trans-	-
42	3-Ciclohexen-1-ol, 4-metil-1- (1-metiletil) -, (R) -	-
43	Benzaldeído	amendoado, açúcar
44	Ácido propanodióico, éster dietílico	leve, agradável
45	Ácido decanóico, éster metílico	vinho
46	1-Heptanol	nota oleosa, amadeirado
47	1,5,7-octatrien-3-ol, 3,7-dimetil-	fermentado
48	Ácido acético, éster hexílico	maçã, cereja, pera
49	Geraniol ^{B, D}	rosa
50	Ácido benzóico, éster 2-hidroxi-, etílico ^A	menta, floral
51	Ácido butanodióico, éster dietílico	leve, agradável
52	Ácido pentanodióico, éster dietílico ^A	uva, fresco
53	Ácido dodecanóico, éster etílico ^A	folha
54	Trans-2-decenoato de etilo	nota oleosa, casca da
55	Éster etílico do ácido nonanoico ^A	nota oleosa, fruta
56	(2-metil-2-propanil) biciclo [3.1.0] hexan-2-ona 1,5-	-
57	9,11-Dodecadien-1-ol, acetato, (Z) -	-
58	3-Hidroxibutirato de etilo ^A	marshmallow

59	Fenol, 2,4-bis (1,1-dimetiletil) -	-
60	Ácido bis (2-metilpropílico) do ácido 1,2-	-
Legenda de letras		
A	Encontrada em (Schreier et al., 1981)	
B	Encontrada em (Yang et al., 2009)	
C	Encontrada em (Qun et al., 2011)	
D	Encontrada em (Martin et al., 2004)	
Sem letra subscrita	Não encontrada na literatura	
Fonte: Elaborado pela autora (2023). Referências: http://www.flavornet.org/flavornet.html ; http://www.thegoodscentscompany.com/ e Fenaroli's - Handbook of Flavor (2009).		

Foram notadas algumas diferenças entre as substâncias encontradas na vindima 2015-2016, quando comparada a do seu ano anterior. Apesar de terem a maioria dos compostos em comum, a quantidade deles aumentou, tanto no grupo controle quanto no MJ, sendo de aproximadamente 70 em ambos os grupos. Nesta vindima, houve uma queda do número de substâncias exclusivas do grupo tratado, sendo de apenas 3 (substâncias de número 23, 48 e 58 na TAB 7). Porém, é possível observar que foram identificados diversos compostos exclusivos do grupo MJ da vindima 2014-2015 em ambos os grupos dessa vindima, e também que não houve muita diferença entre o número total de compostos entre os grupos, resultando em 65 compostos para o tratado e 73 para o controle (TAB 6).

Tabela 7 - Compostos voláteis detectados por SPME-CG-MS em uvas da cultivar Concord grupo controle (vindima 2015-2016)

Nº	Substância detectada	Descrição do odor
1	Éster etílico do ácido butanóico ^{A, B}	floral, maçã
2	(2E) -2-butenato de etilo ^{A, B}	cítrico, caramelo
3	Nonanal ^{A, B}	cítrico, nota verde
4	Ácido octanóico, éster etílico ^{A, B}	vinho, fruta, floral
5	Mesifurano ^{A, B}	caramelo, adocicada
6	Ácido decanóico, éster etílico ^{A, B}	uva
7	(2E, 4E) -2,4-decadienoato de etil ^{A, B}	pera
8	Linalool ^{B, C, D}	floral, lavanda, cítrico
9	1-Octen-3-ol ^{B, C}	adocicado, herbal
10	Alfa-Terpineol ^{B, C, D}	nota oleosa, menta, anis
11	Ácido butanóico, 2-metil-, éster etílico ^A	maçã
12	Etilbenzeno ^A	floral
13	Benzeno, 1, 3-dimetil- [p-Xileno] ^A	floral

14	D-Limonene ^A	cítrico, menta
15	Ácido hexanóico, éster etílico ^A	casca de maçã, fruta
16	Octanal ^A	limão, nota verde
17	Éster etílico do ácido heptanóico ^A	fruta, uva
18	Decanal ^A	casca de laranja
19	Éster etílico do ácido nonanoic ^A	nota oleosa, fruta
20	Ácido pentanodióico, éster dietílico ^A	uva, fresco
21	Ácido benzóico, éster 2-hidroxi-, etílico ^A	menta, floral
22	Ácido dodecanóico, éster etílico ^A	folha
23	Antranilato de metila ^A	mel, floral
24	Hexanal ^B	grama
25	Heptanal ^B	nota oleosa, cítrico
26	1-Hexanol ^B	floral, nota verde
27	1-Hexanol, 2-etil- ^B	rosa, nota verde
28	(E) -2-octenoato de etilo ^B	nota oleosa, pungente
29	Benzenoacetaldeído ^B	mel, adocicado
30	Trans-4-decenoato de etilo ^B	adocicado, laranja
31	Benzenoacético, éster etílico ^B	fruta, adocicado
32	Geraniol ^{B, D}	rosa
33	Álcool feniletílico ^B	mel, rosa, floral
34	Citronellol ^D	rosa
35	B-damascenona ^C	maçã, mel
36	Carbonato de dietilo	-
37	Ácido pentanoico, éster etílico	fermentado, fruta
38	2-Hexenal, (E) -	nota verde, folha
39	4-Metil-3-pentenal	-
40	Alfa-Phellandreno	menta
41	Estireno	balsâmico, adocicado
42	b-Cymene	cítrico, limão
43	Mesitileno	-
44	Ácido heptanóico, éster metílico	floral, fruta
45	Hex-3-enoato de etilo	nota verde, fruta
46	5-Hepten-2-ona, 6-metil-	cítrico
47	Éster etílico do ácido 2-hexenóico	abacaxi, maçã
48	Ciclopentanol, 2-metil-, trans-	-
49	1-Heptanol	nota oleosa, amadeirado
50	Ácido 4-octenóico, éter etílico	-
51	Ácido 7-octenóico, éster etílico	-
52	Sorbato de etilo	fruta
53	3-Hidroxibutirato de etilo	-
54	Benzaldeído	amendoadado, açúcar queimado

55	3-Ethyl-4-methyl-1-pentanol	-
56	Ácido propanodióico, éster dietílico	leve, agradável
57	Éster etílico do ácido tetra-hidrofurano-2-	-
58	Furoato de etilo	-
59	Metil succinato de etilo	-
60	1-Nonanol	nota verde
61	Ácido benzóico, éster etílico	camomila, floral, herbal
62	Ácido butanodióico, éster dietílico	leve, agradável
63	Ácido hexanóico, éster 3-hidroxi-, etílico	fresco
64	alfa-farneseno	-
65	Trans-2-decenoato de etilo	nota oleosa, casca da pera
66	Triciclo [4.2.2.0 (1,5)] decan-3-ona	-
67	l-Calamenene	-
68	Nerolidol	fresco, floral, maçã
69	(2-metil-2-propanil) biciclo [3.1.0] hexan-2-	-
70	3-Fenilacrilato de etilo	-
71	Etil-2-aminobenzoato	flor de laranjeira
72	Fenol, 2,4-bis (1,1-dimetiletil) -	-
73	Ácido pentanoico, ésteres de 5-hidroxi,	-
Legenda de letras		
A	Encontrada em (Schreier et al., 1981)	
B	Encontrada em (Yang et al., 2009)	
C	Encontrada em (Qun et al., 2011)	
D	Encontrada em (Martin et al., 2004)	
Sem letra subscrita	Não encontrada na literatura	
Fonte: Elaborado pela autora (2023). Referências: http://www.flavornet.org/flavornet.html ; http://www.thegoodscentscompany.com/ e Fenaroli's - Handbook of Flavor (2009).		

Tabela 8 - Compostos voláteis detectados por SPME-CG-MS em uvas da cultivar Concord grupo tratado (vindima 2015-2016)

<i>Nº</i>	<i>Substância detectada</i>	<i>Descrição do odor</i>
1	Éster etílico do ácido butanóico ^{A, B}	floral, maçã
2	(2E) -2-butenato de etilo ^{A, B}	cítrico, caramelo
3	2-butenato de etilo ^{A, B}	caramelo, fruta
4	Nonanal ^{A, B}	cítrico, nota verde
5	Ácido octanóico, éster etílico ^{A, B}	vinho, fruta, floral
6	Mesifurano ^{A, B}	caramelo, adocicada
7	Ácido decanóico, éster etílico ^{A, B}	uva
8	(2E, 4E) -2,4-decadienoato de etil ^{A, B}	pera
9	1-Octen-3-ol ^{B, C}	adocicado, herbal

10	Ácido butanóico, 2-metil-, éster etílico ^A	maçã
11	Etilbenzeno ^A	floral
12	Benzeno, 1, 3-dimetil- [p-Xileno] ^A	floral
13	D-Limonene ^A	cítrico, menta
14	Ácido hexanóico, éster etílico ^A	casca de maçã, fruta
15	Octanal ^A	limão, nota verde
16	2-Heptenal ^A	nota verde e oleosa
17	Decanal ^A	casca de laranja
18	3-Hidroxibutirato de etilo ^A	marshmallow
19	Éster etílico do ácido nonanoic ^A	nota oleosa, fruta
20	Ácido pentanodióico, éster dietílico ^A	uva, fresco
21	Ácido benzóico, éster 2-hidroxi-, etílico ^A	menta, floral
22	Ácido dodecanóico, éster etílico ^A	folha
23	Álcool benzílico ^A	fruta, agradável
24	Antranilato de metila ^A	mel, floral
25	Hexanal ^B	grama
26	1-Hexanol ^B	floral, nota verde
27	1-Hexanol, 2-etil- ^B	rosa, nota verde
28	(E) -2-octenoato de etilo ^B	nota oleosa, pungente
29	Benzenoacetaldeído ^B	mel, adocicado
30	Trans-4-decenoato de etilo ^B	adocicado, laranja
31	Benzenoacético, éster etílico ^B	fruta, adocicado
32	Álcool feniletílico ^B	mel, rosa, floral
33	Carbonato de dietilo	-
34	Alfa-Phellandreno	menta
35	2-Hexenal, (E) -	nota verde, folha
36	Estireno	balsâmico, adocicado
37	o-Cymene	limão
38	Ácido heptanóico, éster metílico	floral, fruta
39	Hex-3-enoato de etilo	nota verde, fruta
40	5-Hepten-2-ona, 6-metil-	cítrico
41	Éster etílico do ácido 2-hexenóico	abacaxi, maçã
42	Ciclopentanol, 2-metil-, trans-	-
43	3-Hidroxi-3-metilbutanoato de etilo	-
44	1-Heptanol	nota oleosa, amadeirado
45	Ácido 4-octenóico, éter etílico	-
46	Sorbato de etilo	fruta
47	Benzaldeído	amendoado, açúcar queimado
48	2-Nonenal, (E)-	pepino, nota verde
49	3-Ethyl-4-methyl-1-pentanol	-
50	Ácido propanodióico, éster dietílico	leve, agradável

51	Éster etílico do ácido tetra-hidrofurano-2-	-
52	Furoato de etilo	-
53	Metil succinato de etilo	-
54	1-Nonanol	nota verde
55	Ácido benzóico, éster etílico	camomila, floral, herbal
56	Ácido butanodióico, éster dietílico	leve, agradável
57	Ácido hexanóico, éster 3-hidroxi-, etílico	fresco
58	Ácido undecanóico, éster etílico	conhaque, coco
59	Naftaleno	terroso
60	Trans-2-decenoato de etilo	nota oleosa, casca da pera
61	Nerolidol	fresco, floral, maçã
62	(2-metil-2-propanil) biciclo [3.1.0] hexan-2-	-
63	3-Fenilacrilato de etilo	-
64	Etil-2-aminobenzoato	flor de laranjeira
65	Fenol, 2,4-bis (1,1-dimetiletil) -	-
Legenda de letras		
A	Encontrada em (Schreier et al., 1981)	
B	Encontrada em (Yang et al., 2009)	
Sem letra	Não encontrada na literatura	
Fonte: Elaborado pela autora (2023). Referências: http://www.flavornet.org/flavornet.html ;		
http://www.thegoodscentscompany.com/ e Fenaroli's - Handbook of Flavor (2009).		

Ao observar os dados apresentados nas TAB 5, 6, 7 e 8, vale notar que quase a metade de todos os compostos encontrados nas análises foram também encontrados na literatura como presentes em uvas *Vitis labrusca* e alguns até mesmo especificamente na cultivar Concord. O composto Antranilato de metila, por exemplo, foi identificado em ambos os grupos das duas vindimas, e é considerado uma importante substância na composição do aroma foxado característico da uva Concord (Wang et al., 2005).

Os compostos identificados na cultivar Isabel Precoce também foram analisados, porém, desta vez de forma a observar quais compostos foram mais impactados pelo tratamento e de qual formação orgânica eles se originaram, para que possa ser determinada as vias em que o hormônio MJ afetou. Na TAB 9, encontram-se todos os compostos identificados em ambas cultivares, e vindimas, assim como a sua formação orgânica, número do CAS e a descrição do seu odor.

Tabela 9 - Compostos voláteis detectados por SPME-CG-MS em uvas da cultivar Concord e Isabel Precoce nas vindimas 2014-15 e 2015-16

Legenda	Substância detectada	CAS	Formação Orgânica	Descrição do odor
ETM	(S)-3-etil-4-metilpentanol	1000144-07-1	-	-
ETO	Ácido 2-octenóico, éster etílico	2351-90-8	Éster	fruta, nota oleosa
NAPH	2 (1H) - Naphtalenona, 3,4,5,6,7,8-hexa-hidro-	13837-12-2	Éster	-
3HEO	3-Hexen-1-ol,	928-95-0	Álcool	herbáceo
2HEO	2-Hexen-1-ol,	2497-18-9	Álcool	
BAEE	Ácido butanóico, éster etílico	105-54-4	Éster	floral, maçã
BAME	Ácido butanóico, 2-metil-, éster etílico	7452-79-1	Éster	maçã
HEXAN	Hexanal	66-25-1	Aldeídos	grama
ETBZ	Etilbenzeno	100-41-4	Hidrocarbonet o aromático	floral
BZ DM	Benzeno, 1,3-dimetil-	108-38-3	Hidrocarbonet o aromático	floral
DIC	Carbonato de dietilo	105-58-8	éster carbonato de ácido carbônico e etanol	-
XYL	P-xileno	106-42-3	Hidrocarbonet o aromático	floral
BAEE	Ácido 2-butenóico, éster etílico,	623-70-1	Éster	cítrico, caramelo
LIM	D-Limonene	5989-27-5	Éster	cítrico, menta

HEX	2-Hexenal, (E) -	6728-26-3	Aldeídos	nota verde, folha
HAEE	Ácido hexanóico, éster etílico	123-66-0	Éster	maçã, fruta
APH	Alfa-Phellandrene	3391-86-4	-	menta
ST	Estireno	100-42-5	Hidrocarbonet o aromático	balsâmico, adocicado
AAHE	Ácido acético, éster hexílico	142-92-7	Éster	fruta, herbal
EAME	Ácido heptanóico, éster metílico	106-73-0	Éster	floral, fruta
OCT	Octanal	124-13-0	Aldeídos	limão, nota verde
HOA	2-Hexen-1-ol, acetato, (E) -	2497-18-9	Éster	fruta
HOM	5-Hepten-2-ona, 6-metil-	110-93-0	Éster	cítrico
HAEE	Ácido 2-hexanoico, éster etílico	1552-67-6	Éster	abacaxi, maçã
HEXAN	1-Hexanol	111-27-3	Álcool	floral, nota verde
NON	Nonanal	124-19-6	Aldeídos	cítrico, nota verde
COM	Ciclopentanol, 2-metil-, trans-	25144-04-1	Álcool	-
OAEE	Ácido octanóico, éster etílico	106-32-1	Éster	vinho, fruta, floral
OCT	1-Octen-3-ol	3391-86-4	Álcool	adocicado, herbal
HENE	1-Hexanol, 2-etil-	104-76-7	Álcool	rosa, nota verde
DEC	Decanal	112-31-2	Aldeídos	casca de laranja

BAHEE	Ácido butanóico, 3-hidroxi-, éster etílico	5405-41-4	Éster	-
BENZ	Benzaldeído	100-52-7	Aldeídos	amendoado, açúcar queimado
NONAEE	Ácido nanoanólico, éster etílico	123-29-5	Éster	nota oleosa, fruta
LINAL	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimetil- (linalol)	78-70-6	Álcool terpênico	floral, lavanda, cítrico
EOCT	Etil (E) -2-octenoato ou ácido 2-octenóico, éster etílico	7367-82-0	Éster	nota oleosa, pungente
PADE	Ácido propanodioico, éster dietílico	105-53-3	Éster	leve, agradável
FURMD	3 (2H) -Funanona, 4-metoxi-2,5-dimetil-	4077-47-8	Éster	caramelo, adocicada
CHMM	3-Ciclohexen-1-ol, 4-metil-1- (1-metiletil) -, (R) -	20126-76-5	-	-
THFAE	Éster etílico do ácido tetrahydrofurano-2-acético	2434 02 8	Éster	-
FCAEE	Ácido 2-furanocarboxílico, éster etílico	614-99-3	Éster	-
DAEE	Ácido decanóico, éster etílico	110-38-3	Éster	uva

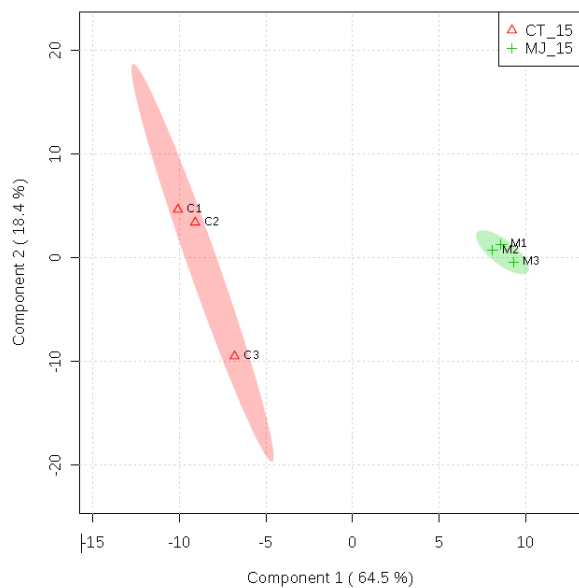
BZACT	Benzenoacetaldeído	100-52-7	Aldeídos	mel, adocicado
NONA	1-Nonanol	143-08-8	Álcool	nota verde
ETTDEC	Etil trans-4-decenoato	76649-16-6	Éster	adocicado, laranja
BZAEE	Ácido benzóico, éster etílico	93-89-0	Éster	camomila, floral, herbal
HAHEE	Ácido hexanóico, 3-hidroxi-, éster etílico	2305-25-1	Éster	fresco
BADE	Ácido butanodióico, éster dietílico	123-25-1	Éster	leve, agradável
ALTER	Alfa-Terpineol	98-55-5	Álcool	nota oleosa, menta, anis
NAP	Naftaleno	91-20-3	Hidrocarboneto aromático	terroso
ETDE	Etil trans-2-decenoato	7367-88-6	Éster	nota oleosa, casca da pera
PEADE	Ácido pentanodióico, éster dietílico	818-38-2	Éster	uva, fresco
BAEE	Ácido benzenoacético, éster etílico	101-97-3	Éster	fruta, adocicado
GER	Geraniol	101-97-3	Álcool	rosa
BEAHEE	Ácido benzóico, 2-hidroxi-, éster etílico	23726-93-4	Éster	menta, floral
BTOTC	2-Buten-1-ona, 1-(2,6,6-trimetil-1,3-ciclo-hexadien-1-il) -, (E) -	23726-93-4	-	maçã, mel

ETDEC	Etil-trans-2, cis-4-decadienoato	3025-30-7	Éster	pera
PNA	Álcool Feniletil	60-12-8	Álcool	mel, rosa, floral
MTANT	Antranilato de metila	134-20-3	Éster	mel, floral
Fonte: Elaborado pela autora (2023). Referências: http://www.flavornet.org/flavornet.html ; http://www.thegoodscentscompany.com/ e Fenaroli's - Handbook of Flavor (2009).				

A legenda da TAB 9 serve como identificação dos compostos nas figuras de Heat-map e Scores Plot. A análise dos compostos voláteis detectados foi agrupada por cultivar, comparando os grupos controle e tratado da mesma vindima, por meio de Heat-map do MetaboAnalyst 3.0. Também foi realizada a comparação entre os grupos tratado e controle dos dois anos para a mesma cultivar, a fim de analisar e separar as diferenças que ocorreram devido a fatores diversos ligados a vindima e o verdadeiro impacto do tratamento. Conhecendo os 59 compostos voláteis identificados na TAB 9, foi possível observar a variação da quantidade de cada um presente nos diferentes grupos tratado e controle, assim como nas cultivares e vindimas.

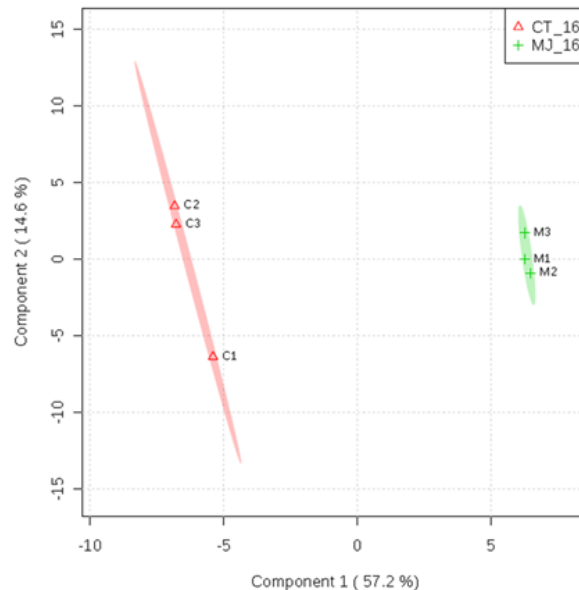
Os *Scores Plot* (FIG 1 a 4) apresentam uma análise comparativa entre os principais grupos, tratado e controle, de cada cultivar em uma determinada vindima, agrupando os mais semelhantes de modo a observar um padrão comum entre eles. Foi possível observar que o perfil de compostos voláteis entre os grupos controle e tratado são diferentes entre si, representada pelas maiores porcentagens do Componente 1 (eixo x das imagens). Sendo que para os frutos colhidos em 2014-15, MJ apresenta uma maior homogeneidade entre suas amostras, em ambas cultivares, resultando em uma maior proximidade entre as repetições.

Figura 1 - Score Plot dos grupos controle (C1, C2 e C3 em vermelho) e tratado (M1, M2 e M3 em verde) da cultivar Concord na vindima 2014-15



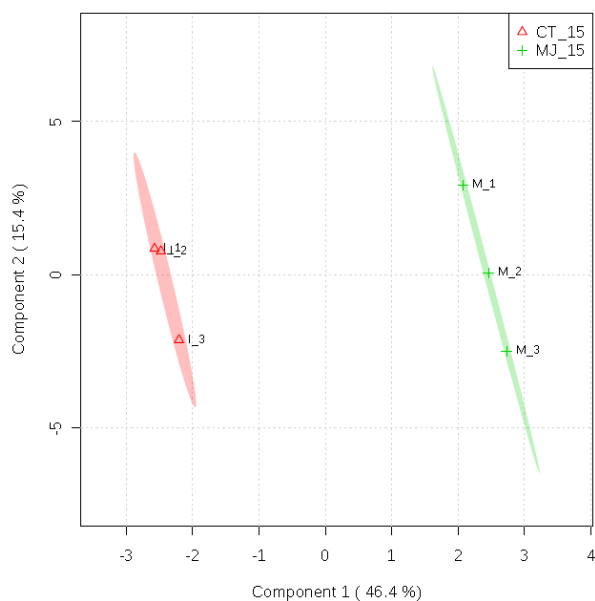
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 3 - Score Plot dos grupos controle (C1, C2 e C3 em vermelho) e tratado (M1, M2 e M3 em verde) da cultivar Concord na vindima 2015-16



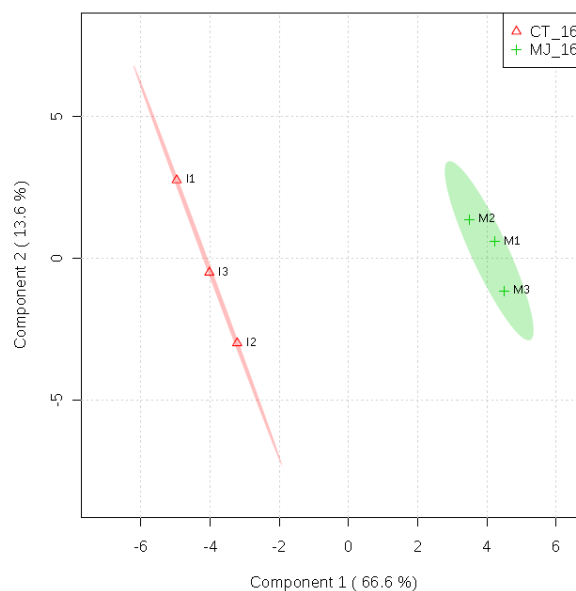
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 2 - Score Plot dos grupos controle (I_1, I_2 e I_3 em vermelho) e tratado (M_1, M_2 e M_3 em verde) da cultivar Isabel Precoce na vindima 2014-15



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

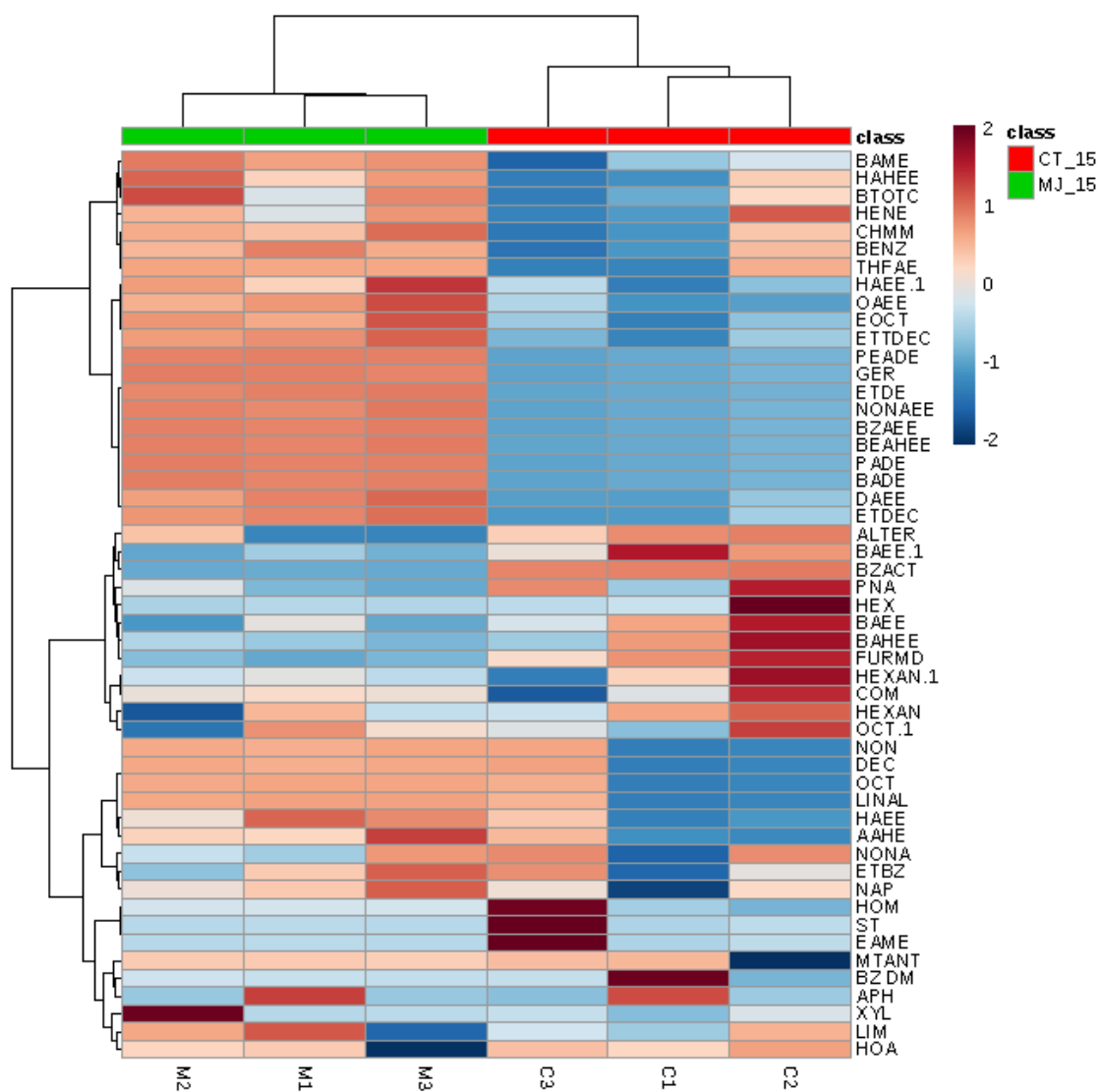
Figura 4 - Score Plot dos grupos controle (I1, I2 e I3 em vermelho) e tratado (M1, M2 e M3 em verde) da cultivar Isabel Precoce na vindima 2015-16



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

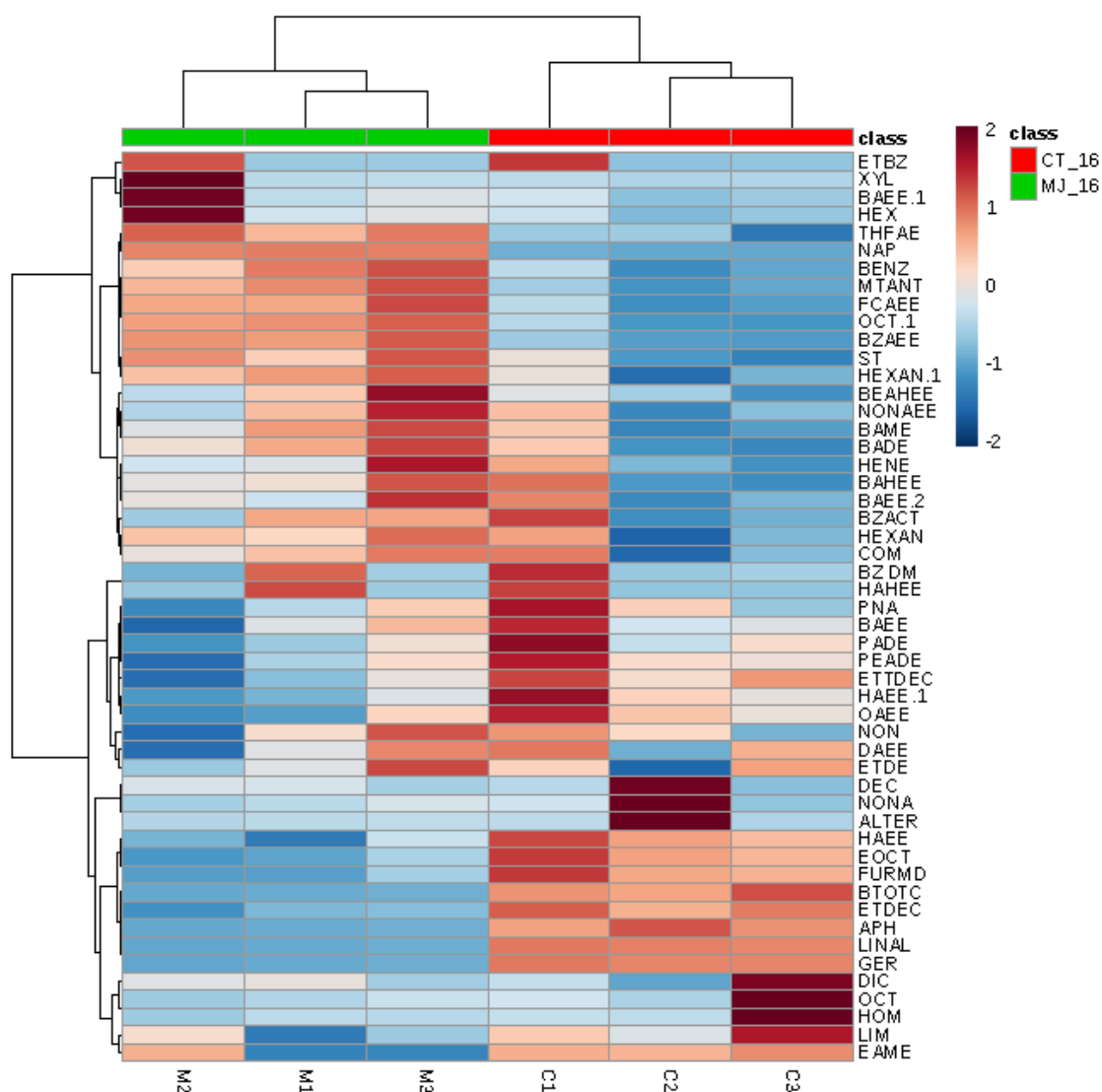
Os *Heat-maps* dos grupos controle e tratado da cultivar Concord nas vindimas 2014-15 (FIG 5) e 2015-16 (FIG 6) complementam a análise de quadrados mínimos parciais.

Figura 5 - Heat-map dos grupos controle (CT_15) e tratado (MJ_15) da cv. Concord na vindima 2014-15



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 6 - Heat-map dos grupos controle (CT_16) e tratado (MJ_16) da cv. Concord na vindima 2015-16

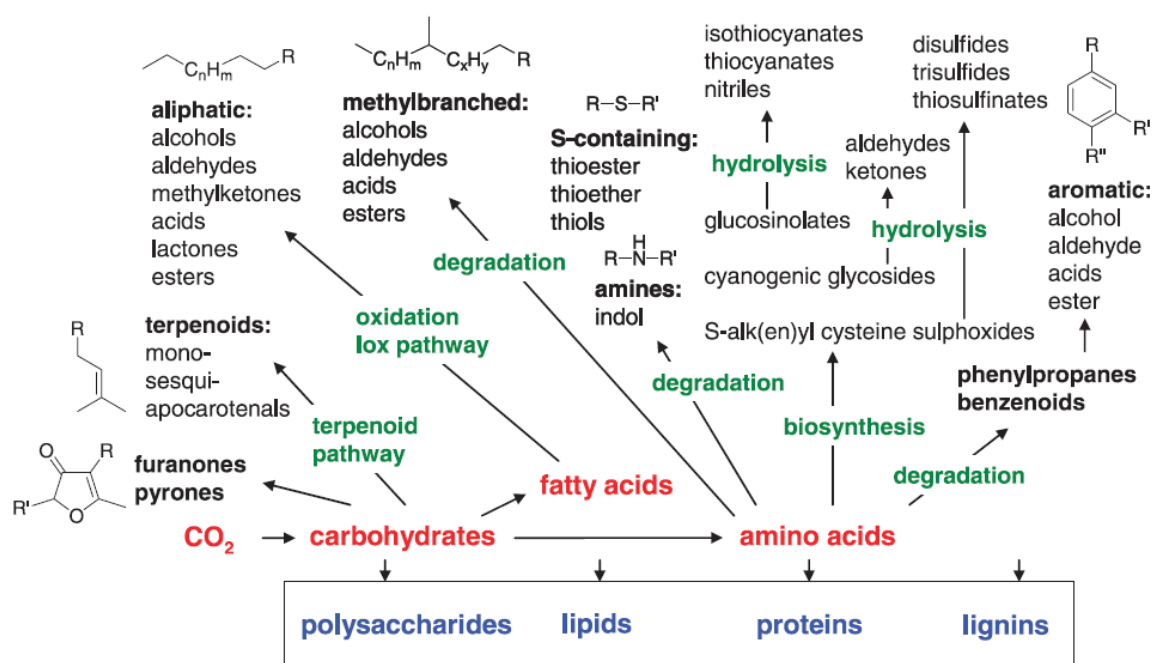


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ao analisar os Heat-maps (FIG 5 e 6), é possível observar pela separação dos clusters, que as amostras dos grupos controle e tratado da cultivar Concord estão bem definidas, diferenciando-se uma da outra, como os *Score Plots* indicaram (FIG 1 e 3). Além disso, é possível destacar três *clusters* ou grupos bem definidos de compostos, apresentando padrões de comportamento bem semelhantes em ambas as vindimas. Entre eles, foram observados grupos de compostos que tiveram sua presença diminuída pelo tratamento e outros que tiveram sua presença aumentada pelo tratamento (primeiro *cluster*). Os compostos deste último grupo foram identificados utilizando-se do PLS-DA, por meio dos VIP (Variable Importance in Projection) scores. Uma vez identificados, eles foram analisados, buscando conhecer sua função orgânica e via biosintética.

As vias biosintéticas de importantes compostos voláteis de diversos frutos foram identificadas como sendo originárias de intermediários do metabolismo primário da planta (Croteau e Karp, 1991). Verificou-se também em outros estudos, que os carboidratos, os ácidos graxos e os aminoácidos representam os grupos originais dos compostos do aroma (FIG 7).

Figura 7 - Vias de formação de compostos voláteis



Fonte: SCHWAB et al, 2008.

Em consultas a literatura da área, foi possível elaborar as TAB 10 e 11, contendo os compostos que apresentaram aumento significativo com o tratamento com MJ, a que função orgânica eles pertencem e de qual via biossintética eles se originaram.

Tabela 10 - Compostos que apresentaram diferença notável com o tratamento nas uvas Concord na vindima 2014-15

Composto	Via
Éster	Etil-trans-2-decenoato
Éster	Ácido Graxos
Éster	Salicilado de Etilo
Éster	Ácidos Fenólicos
Éster	Succinato de Dietílio
Éster	Malonato de Dietil
Éster	Terpenoides
Éster	Etil Antranilato
Éster	Monoterpenos
Éster	Geraniol
Éster	Terpenóides
Éster	Nonanoato de etilo
Éster	Monoterpenos
Álcoois	Linalool
Álcoois	Isoprenóides

Éster	Éster de etilo do ácido tetrahydrofurano-2-acético	Monoterpenos
Aldeídos	Octanal	Ácidos Graxos
Aldeídos	Nonanal	Ácidos Graxos
Aldeídos	Decanal	Ácidos Graxos

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

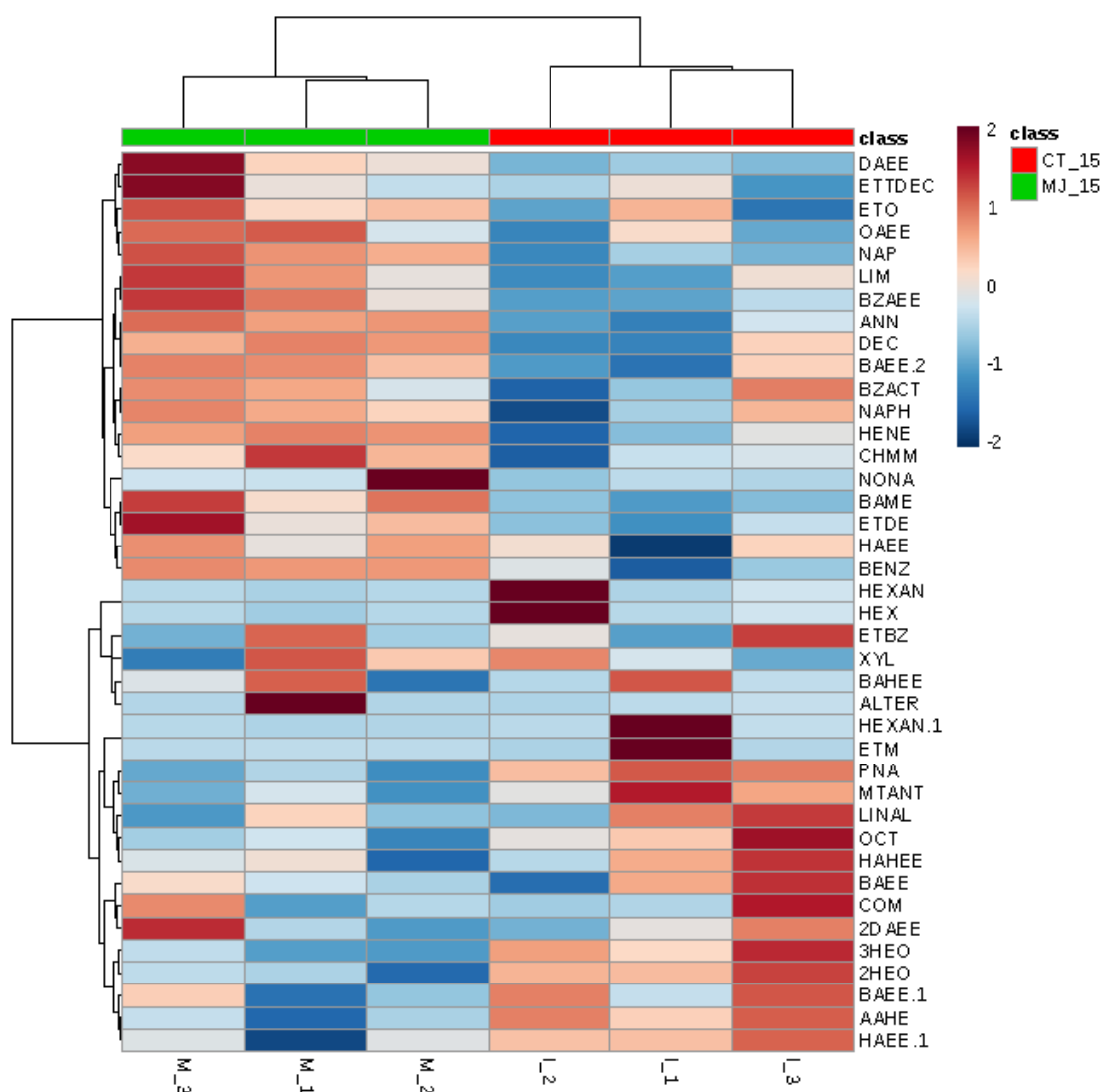
Tabela 11 - Compostos que apresentaram diferença notável com o tratamento nas uvas Concord na vindima 2015-16

	Composto	Via
	Naftaleno	Amino ácidos
	p-Xileno	
Álcoois	1-octen-3-ol	Ácidos Graxos
Éster	Benzoato de etila	Ácidos Fenólico
Éster	Éster de etilo do ácido tetrahydrofurano-2-acético	Monoterpenos
Aldeídos	2-hexenal, (E)-	Ácidos Graxos

Pode-se observar que, em ambas as vindimas o tratamento com MJ estimulou principalmente a biossíntese de ésteres, aldeídos e álcoois, derivados especialmente de ácidos graxos, destacando-se a via dos monoterpenos na vindima 2014-15, e a via dos ácidos fenólicos em 2015-16. Esses compostos provenientes de ácidos fenólicos, podem ser originados pela ação da enzima fenilalanina amônia liase (PAL), o efeito indutor da expressão gênica da enzima PAL pelo MJ é conhecido (Vezzuli, et al 2007).

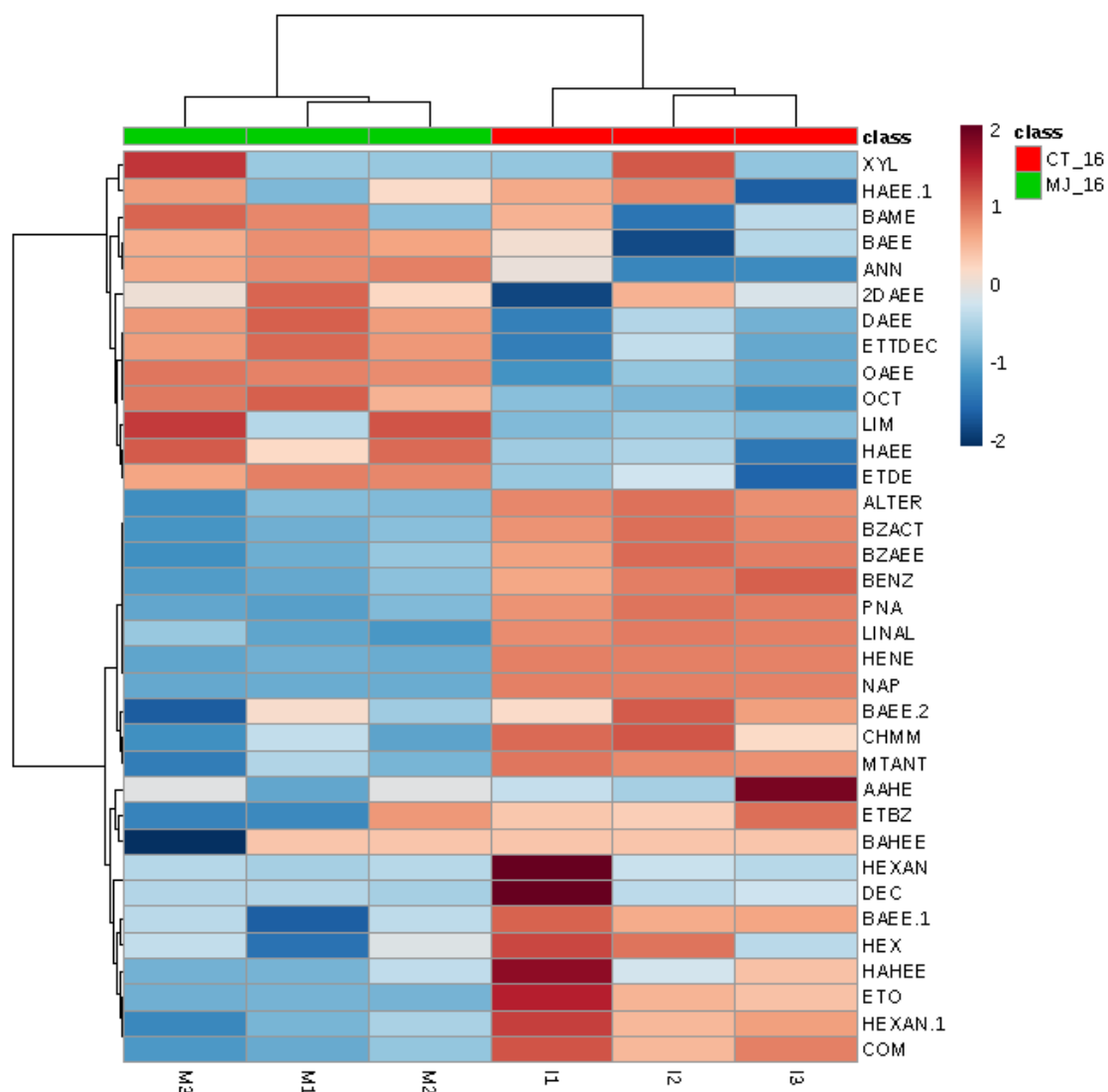
Para a cultivar Isabel Precoce, semelhantemente a cultivar Concord, os *Heat-maps* (FIG 8 e 9) comprovam que os grupos controle e tratado também estão bem definidos, através da separação dos *clusters*, diferenciando-se um do outro, como já foi observado nos Score Plots (FIG 2 e 4).

Figura 8 - Heat-map dos grupos controle (CT_15) e tratado (MJ_15) da cultivar Isabel Precoce na vindima 2014-15



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 9 - Heat-map dos grupos controle (CT_16) e tratado (MJ_16) da cultivar Isabel Precoce na vindima 2015-16



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A partir das FIG 8 e 9, foi possível destacar dois *clusters* que apresentaram padrões de comportamento parecidos: primeiro *cluster*, com um grupo de compostos que tiveram sua presença aumentada pelo tratamento, e um segundo *cluster*, com resultado oposto ao primeiro. Esses compostos, provenientes do primeiro *cluster* (cuja síntese foi aumentada pelo MJ), foram identificados através do PLS-DA, por meio dos *VIP (Variable Importance in Projection) scores*, e apresentam-se nas TAB 12 e 13.

Tabela 12 - Compostos que apresentaram diferença notável com o tratamento nas uvas Isabel Precoce na vindima 2014-15

	Composto	Precursor
Éster	Etil Dodecanoato	Ácido Graxos
Éster	Etil Octanoato	Ácido Graxos
Éster	Etil <i>trans</i> - 4 decanoato	Ácido Graxos
Éster	Etil hexanoato	Ácido Graxos
Éster	D-limoneno	Terpenoides
Éster	Decanoato de etila	Ácidos graxos
Éster	éster etílico Ácido butanóico	

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Tabela 13 - Compostos que apresentaram diferença notável com o tratamento nas uvas Isabel Precoce na vindima 2015-16

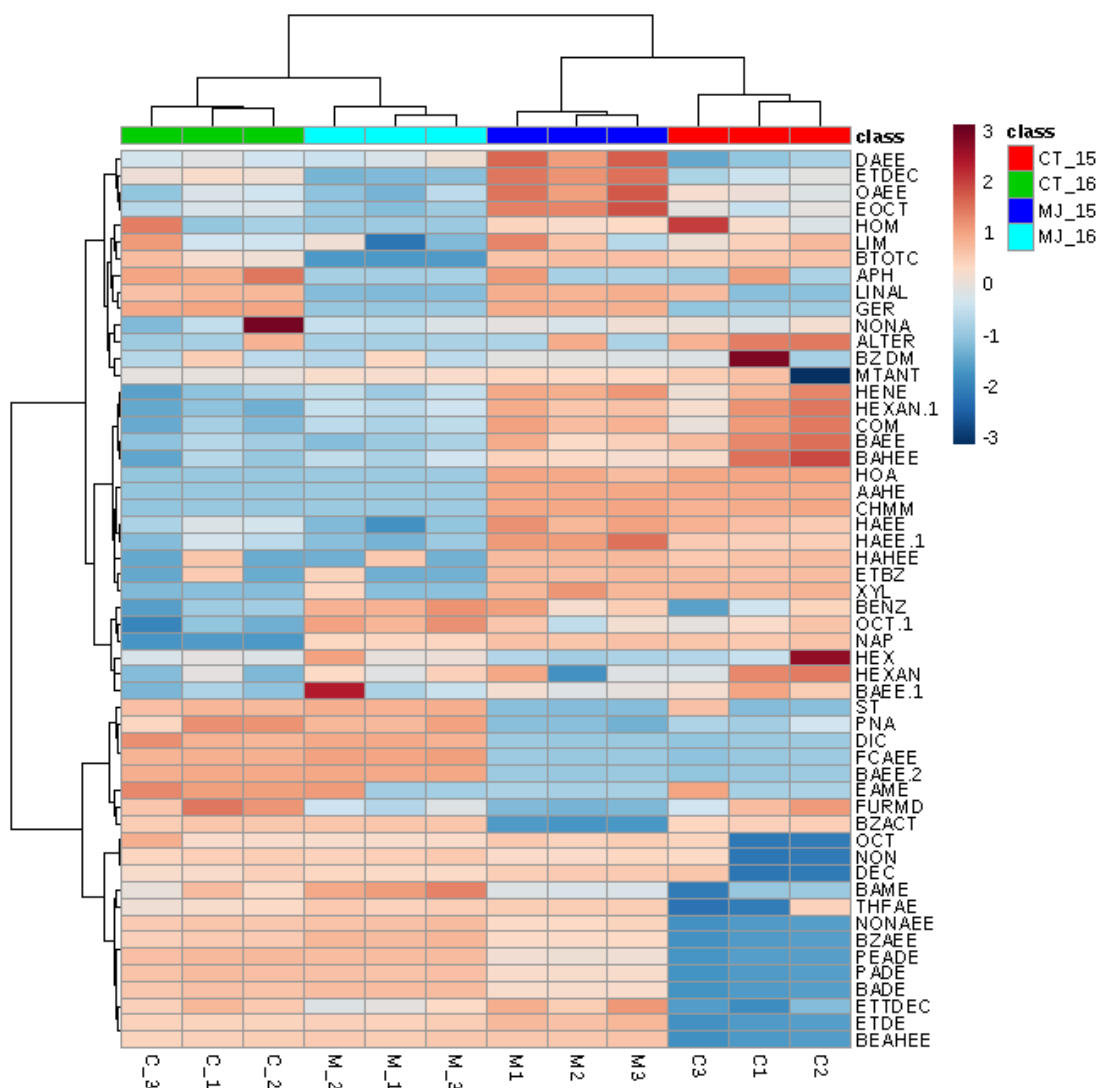
	Composto	Precursor
Éster	Etil Dodecanoato	Ácido Graxos
Éster	Etil 2-metilbutirato	Amino Ácidos
Éster	Etil <i>trans</i> - 4 decanoato	Ácido Graxos
Éster	Etil Fenilacetato	Amino Ácidos
	3-etil-4-metilpentanol	
	P-xileno	

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Nas uvas da cultivar Isabel Precoce, em ambas as vindimas, o tratamento com MJ estimulou principalmente a biossíntese de ésteres, derivados especialmente da via dos ácidos graxos.

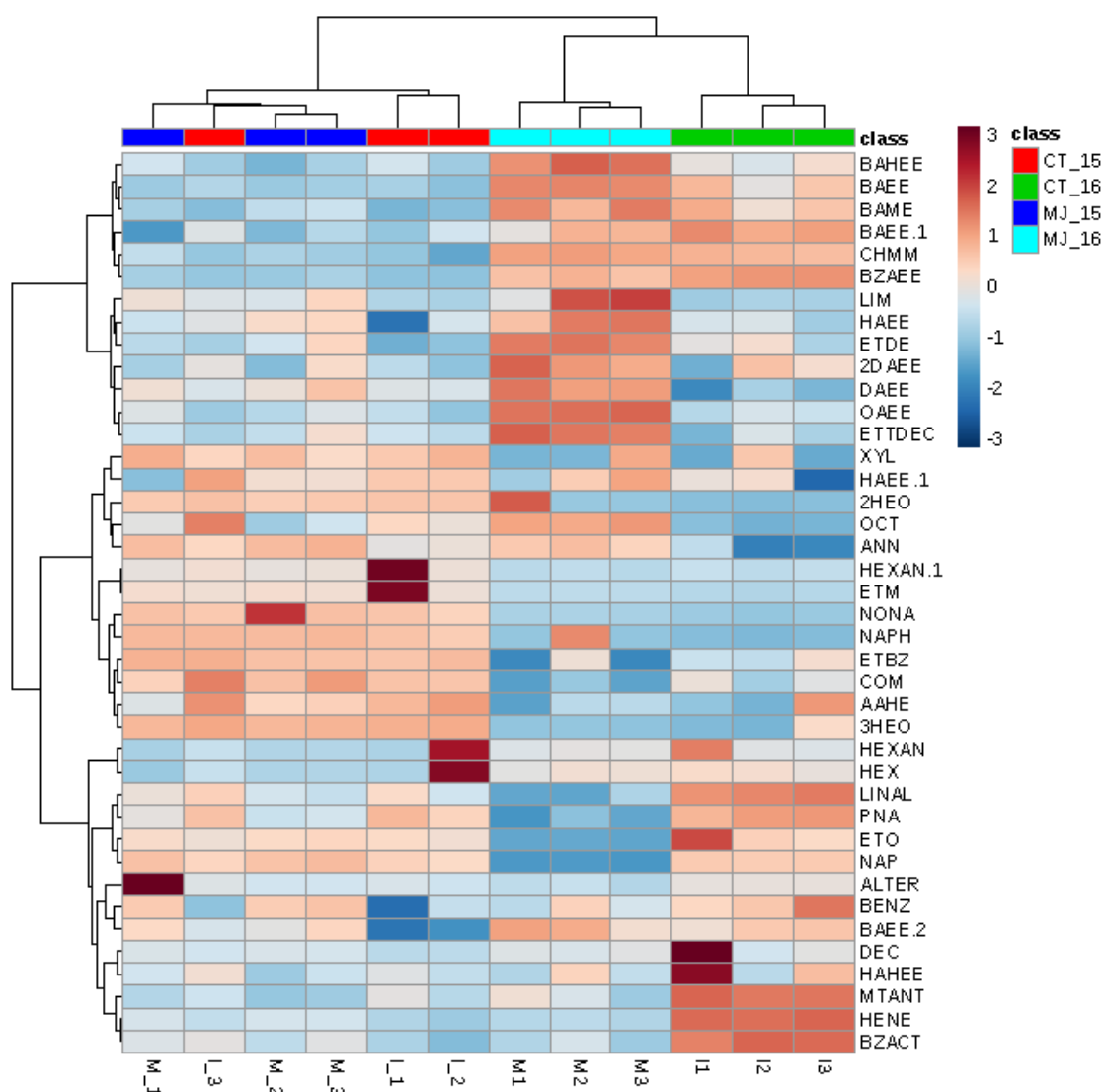
Visando observar o efeito da vindima sobre os compostos voláteis, os *Heat-maps* das FIG 10 e 11, foram plotados com os grupos controle e tratado de ambas as vindimas, separados somente pela cultivar, sendo apresentado separadamente para cada cultivar.

Figura 10 - Heat-map dos grupos controle (CT_15) e tratado (MJ_15) da cultivar Concord na vindima 2014-15 juntamente com os grupos controle (CT_16) e tratado (MJ_16) na vindima 2015-16



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 11 - Heat-map dos grupos controle (CT_15) e tratado (MJ_15) da cultivar Isabel Precoce na vindima 2014-15 juntamente com os grupos controle (CT_16) e tratado (MJ_16) na vindima 2015-16



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ao analisar os dados, pode-se observar que o efeito da vindima é maior que o efeito do tratamento, visto que os *clusters* estão separados em maior nível pela vindima.

Em pesquisas realizadas com uvas e vinhos, os compostos fenólicos têm demonstrado extrema importância, devido ao seu efeito sobre a qualidade da uva e do vinho, desempenhando papéis fundamentais nas propriedades da cor e aroma. (Portu et al, 2016). Já os compostos voláteis que pertencem ao grupo dos terpenóides (geraniol e citrionelol por exemplo), estão envolvidos especialmente nas interações entre plantas e herbívoros de insetos ou polinizadores, ligados a respostas gerais ou de estresse

(Pichersky et al., 2006). Além disso, estudos mostram que os terpenóides afetam os perfis de aroma da maioria das frutas, assim como o de flores.

5 Conclusão

De acordo com Lund e Bohlmann (2006), os componentes mais importantes que contribuem para o sabor da uva são os ácidos orgânicos, taninos, terpenóides e vários precursores de aldeídos aromáticos e ésteres que são acumulados na película do fruto na forma de açúcares ou aminoácidos conjugados. Além disso, com o amadurecimento, o fruto torna-se mais atraente e saboroso, devido ao equilíbrio entre açúcares, ácidos e componentes do sabor (incluindo o aroma). Sabendo que o desenvolvimento destas características determina a qualidade da uva, podemos afirmar que, devido às mínimas mudanças nesses componentes como resultado do tratamento, a uva permanecerá com as suas características finais praticamente intactas, garantindo sua qualidade esperada nesses aspectos.

O tratamento com o metil jasmonato, não proporcionou detrimento nos parâmetros de qualidade, como pode ser observado, não houveram mudanças significativas para o conteúdo de açúcares solúveis e ácidos orgânicos, sendo as maiores diferenças observadas, quando comparados entre os 2 anos de coleta. Com relação ao conteúdo de compostos fenólicos totais, e antocianinas monoméricas, observou-se que o tratamento é capaz de aumentar o conteúdo destes bioativos, no entanto, as influências ambientais superam o efeito do tratamento.

No que diz respeito ao efeito sobre os componentes aromáticos encontrados, é possível esperar uma melhoria nas sensações de odor e sabor da fruta, principalmente devido às análises demonstradas anteriormente. Vale notar que o tratamento com MJ afetou especialmente a via dos compostos derivados de ácidos fenólicos e terpenóides, além de aumentar significativamente a presença de compostos voláteis que tem ésteres como função orgânica. Sabe-se que o ácido jasmônico e seu éster volátil, metil-jasmonato, tem apresentado em diversos frutos efeitos indutores da expressão de enzimas como a fenilalanina amônia liase (PAL) e estilbeno sintase (ES), diretamente relacionadas a síntese de compostos secundários, como fenólicos e estilbenos (Vezzuli et al 2007).

Cabe colocar que os resultados obtidos são parte de um projeto maior que visa induzir aumento na formação de estilbenos na uva, após o tratamento com MJ. Os resultados neste sentido foram muito promissores, pois em alguns casos o nível de estilbenos foi mais que o dobro para o grupo MJ. Ambas as cultivares apresentaram aumento no nível de resveratrol e piceid. Contudo, uma preocupação inicial seria a que o tratamento com MJ induzisse alterações tais nos frutos que levassem ao desenvolvimento de características indesejáveis do ponto de vista do aroma e do gosto.

Evidentemente que esta afirmação só poderá ser realizada com mais assertividade após análise sensorial. No entanto, os resultados descritos neste relatório não indicam alterações muito significativas, o que pode ser promissor como suporte para o tratamento com MJ como estratégia de biofortificação da uva e de produtos derivados, como suco.

6 Referências

Blanch, P. G.; Flores, G.; Castillo, R. L. M. **Influence of methyl jasmonate in conjunction with ethanol on the formation of volatile compounds in berries belonging to the Rosaceae**. Elsevier, v. 62, p.168-178, 2011.

Croteau, R. and Karp, F. **Origin of natural odorants**. In Perfumes. Art, Science and Technology (Muller, P.M. and Lamparsky, D., eds). London: Elsevier Applied Science, pp. 101–126, 1991.

Darra, N, Tannous, J, Mouncef, P, Palge, J, Yaghi, J, Vorobiev, E, Louka N, Maroun, R. **A Comparative Study on Antiradical and Antimicrobial Properties of Red Grapes Extracts Obtained from Different Vitis vinifera Varieties**. Food and Nutrition Sciences, Vol. 3 No. 10, pp. 1420-1432, 2012.

D’Onofrio, C. Matarese, F. Cuzzola A. **Effect of methyl jasmonate on the aroma of Sangiovese grapes and wines**. Food Chemistry, v. 242, p. 352-361, 2018.

Francis, F. J. **Food colorants: anthocyanins**. Critical review of food science and nutrition, v. 28, n. 04, p. 273-314, 1989.

Gerós. H, Chaves M. M., Delrot S. **The Biochemistry of the Grape Berry**. Bentham Science Publishers. Chapter 3, p 44-66, 2012.

Giovannini, E. **Produção de Uvas para vinho, suco e mesa**. Renascença. Porto Alegre, 2005.

Gutiérrez-Gamboa G, Mateluna-Cuadra R, Díaz-Gálvez I, Mejía N, Verdugo-Vásquez N. **Methyl Jasmonate Applications in Viticulture: A Tool to Increase the Content of Flavonoids and Stilbenes in Grapes and Wines**. Horticulturae. 7(6):133, 2021.

Kanelles, A. K.; Roubelakisangelakis, K. A. Grape. In : Segmour, G. ; Taylor, J. Tucker, G. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. Cap. 6. 189-234.

Kato C. G.; Tonhi C. D.; Clemente E. **Antocianinas de uvas (*Vitis vinífera* L.) produzidas em sistema convencional**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial v. 06, n. 02: p. 809-821, 2012.

Kliewer, W.M.; Howarth, L.; Omori M. **Concentrations of tartaric acid, malic acid and their salts in *Vitis vinifera* grapes**. American Journal of Enology and Viticulture, Davis, v.18, n.1, p.42-54, 1967.

Lund, S.T., Bohlmann, J. **The molecular basis for wine grape quality - A volatile subject**. Science, 311 (5762):804-805, 2006.

Mainardi, J. A.; Purgatto, E.; Vieira J R, A.; Bastos, W. A.; Cordenunsi, B. R.; Nascimento, R. O.; Lajolo, F. M. **Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on gene expression and activity profile of an alpha-1,4-glucan-phosphorylase during banana ripening.** Journal Agricultural Food Chemistry v.54 pg: 7294-7299, 2006.

Martin, D. M. & Bohlmann, J. **Identification of Vitis vinifera (-)- α -terpineol synthase by in silico screening of full-length cDNA ESTs and functional characterization of recombinant terpene synthase.** Phytochemistry 65, 1223–1229 (2004).

McCord, J. D., Trousdale, E., Ryu, D.D.Y. **An improved sample preparation procedure for the analysis of major organic compounds in grape must and wine by high performance liquid chromatography.** American Journal of Enology and Viticulture, Davis v.35, p.28-29, 1984.

Miele, A. et al. **Free amino acids in Brazilian grape juices.** Rivista di Viticoltura e di Enologia, Conegliano, v. 43, n. 4, p. 15-21, 1990.

Moreno, F. L. P, Blanch, G. P, Castillo, M. L. R. **Effect of 2(-) and (+)-methyl jasmonate on the bioformation of aroma-active esters in strawberry fruits.** Eur Food Res Technol 231:829–834. 2010.

Paladines-Quezada, D.F., Fernández-Fernández, J.I., Moreno-Olivares, J.D., Bleda-Sánchez, J.A., Gómez-Martínez, J.C., Martínez-Jiménez, J.A., Gil-Muñoz, R. **Application of Elicitors in Two Ripening Periods of Vitis vinifera L. cv Monastrell: Influence on Anthocyanin Concentration of Grapes and Wines.** Molecules 26(6), 1689, 2021.

Pfeifer, C. Rexrode, M. Hollis, L. A. **Biopesticides Registration Action Document: Methyl Jasmonate** U.S. Environmental Protection Agency Office of Pesticide Programs Biopesticides and Pollution Prevention Division, Feb. 2013.

Pichersky, E., Noel, J.P. and Dudareva, N. **Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity.** Science, 311, 808–811, 2006.

Portu J., López R., Baroja E., Santamaría P., Garde-Cerdán T., **Improvement of grape and wine phenolic content by foliar application to grapevine of three different elicitors: Methyl jasmonate, chitosan, and yeast extract.** Food Chemistry 201, 213–221, 2016.

Qun, S., Gates J. M., Lavin, H. E., Acree, E. T., Sacks, L. G., **Comparison of Odor-Active Compounds in Grapes and Wines from *Vitis vinifera* and Non-Foxy American Grape Species.** J. Agric. Food Chem., 59, 10657–10664, 2011.

Ribeiro, L.F. Ribani, R.H.Francisco, T.M.G. Soares, A.A. Pontarolo, R. Haminiuk, C.W.I. **Profile of bioactive compounds from grape pomace (*Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*) by spectrophotometric, chromatographic and spectral analyses.** J. Chromatography. B 1007 72–80, 2015.

Ruiz-García, Y. Romero-Cascales, I. Bautista-Ortín, A. B. Gil-Muñoz, R. Martínez-Cutillas, A. Encarna Gómez-Plaza, E. **Increasing Bioactive Phenolic Compounds in Grapes: Response of Six Monastrell Grape Clones to Benzothiadiazole and Methyl Jasmonate Treatments.** Am J Enol Vitic. December 2013 64:459-465; 2013.

Schwab W.; Davidovich-Rikanati R.; Lewinsohn E. **Biosynthesis of plant-derived flavor compounds.** The Plant Journal, n 54, 712–732, 2008

Schreier, P., Paroschy, J. H. **Volatile Constituents from Concord, Niagara (*Vitis labrusca*, L.) and Elvira (*V. labrusca*, L. x *V. riparia*, M.) Grapes.** Canada InSI. Food Sci. Technol. J. n. 14, p. 112-118, 1981.

Swain, T.; Hillis, W. E. *J. Sci. Food Agric.* 10, 63-68, 1959.

Vezzulli, S. Civardi, S. Ferrari, F. Bavaresco, L. **Methyl Jasmonate Treatment as a Trigger of Resveratrol Synthesis in Cultivated Grapevine.** American Journal of Enology Viticulture, n. 58, 2007.

Wang, J., De Luca V. **The biosynthesis and regulation of biosynthesis of Concord grape fruit esters, including ‘foxy’ methylanthranilate.** The Plant Journal, n. 44, p 606–619, 2005.

Xia, J. and Wishart, D.S. **Using MetaboAnalyst 3.0 for Comprehensive Metabolomics Data Analysis.** Current Protocols in Bioinformatics, n 55, 2016.

Yang, C. Wang, Y. Liang, Z. Fan, P. Wu, B. Yang, L. Wang, Y. C, Li, S. **Volatiles of grape berries evaluated at the germplasm level by headspace-SPME with GC–MS.** Food Chemistry 114 (2009) 1106–1114.

Niara Tanabe da Silva

Niara Tanabe da Silva

São Paulo, 24 de maio de 2023

Purgatto

Eduardo Purgatto

São Paulo, 24 de maio de 2023