

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**PRINCIPAIS COMPOSTOS AROMÁTICOS ENCONTRADOS
EM UVAS MOSCATÉIS PARA ELABORAÇÃO DE
ESPUMANTES: UMA REVISÃO.**

AUGUSTO KUNZ

Orientador: Prof. Dr. Vitor Manfroi

Porto Alegre

Abril/2023

CIP - Catalogação na Publicação

Kunz, Augusto
PRINCIPAIS COMPOSTOS AROMÁTICOS ENCONTRADOS EM UVAS
MOSCATÉIS PARA ELABORAÇÃO DE ESPUMANTES: UMA REVISÃO.
/ Augusto Kunz. -- 2023.
43 f.
Orientador: Vitor Manfroi.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Curso de
Engenharia de Alimentos, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Aromas. 2. Uva Moscato. 3. Compostos Aromáticos.
4. Compostos Voláteis. I. Manfroi, Vitor, orient. II.
Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**PRINCIPAIS COMPOSTOS AROMÁTICOS ENCONTRADOS
EM UVAS MOSCATÉIS PARA ELABORAÇÃO DE
ESPUMANTES: UMA REVISÃO.**

Augusto Kunz

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro de
Alimentos do Instituto de Ciência e
Tecnologia de Alimentos da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Vitor Manfroi

Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

Abril/2023

Trabalho de Conclusão de Curso

**PRINCIPAIS COMPOSTOS AROMÁTICOS ENCONTRADOS
EM UVAS MOSCATÉIS PARA ELABORAÇÃO DE
ESPUMANTES: UMA REVISÃO.**

Augusto Kunz

Aprovado em: __/__/____

Prof. Dr. Vitor Manfroi

(Orientador)

Doutor em Ciência e Tecnologia Agroindustrial/UFPel

Prof. Dr. Jean Philippe Palma Révillion

Doutor em Agronegócios/UFRGS

Prof. Msc. Jucelio Kulmann de Medeiros

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos/UFRGS

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por ser meu guia e conduzir-me nessa trilha chamada vida.

À minha mamãe e ao meu papai por acreditarem em mim ao longo de toda a minha jornada e me desafiarem sempre a ser uma pessoa melhor. Muito do que me tornei hoje, só foi possível através dos exemplos de humildade, perseverança, resiliência, trabalho árduo e inteligente que sempre me inspiraram a seguir em frente, mesmo nos momentos mais difíceis. Esses valores serão sempre uma parte essencial de quem eu sou e do que eu almejo alcançar na vida.

Ao meu irmão por apoiar-me nessa caminhada, por aconselhar e incentivar-me a sair da zona de conforto. Isso fez com que eu crescesse muito como pessoa. Você é meu porto-seguro.

À minha irmã, que mudou completamente a forma de eu ver o mundo, obrigado por existir. Em meio as tempestades da vida, surgistes como um raio de sol.

À minha namorada, que esteve ao meu lado me apoiando, me dando forças e me fazendo acreditar que eu era capaz de realizar este projeto. Sua paciência, carinho e amor foram fundamentais para que eu pudesse superar as dificuldades e chegar até aqui. Sou grato por ter você em minha vida e por tudo o que você faz por mim.

Ao meu irmão que a universidade me proporcionou, sou eternamente grato por todas as aventuras que vivemos e todas novas que virão, seja numa nova viagem ou num novo brinde em algum bar, seja comendo uma pizza enquanto debatemos alguma ideia genial, seja numa partida de xadrez. Seja como e aonde for, ficará registrado nas nossas Odisseias.

Aos meus demais familiares e amigos quero expressar minha gratidão por todo o suporte e incentivo que me deram, seja num simples abraço ou numa palavra de carinho, seja num bar tomando uma cerveja, numa volta boêmia pela saudosa CB ou pelos trilhos abandonados de um trem, seja num pôr-do-sol na orla ou apreciando um “chima” no Parcão, seja numa degustação de vinhos.

Aos meus orientadores, quero agradecer por todo o conhecimento, experiência

e orientação que me proporcionaram durante este trabalho. Suas contribuições foram inestimáveis para a realização deste projeto e para o meu crescimento acadêmico. Meu agradecimento especial também pela orientação e suporte na minha vida profissional, tanto no laboratório quanto na indústria.

Aos Professores que marcaram a minha trajetória nessa universidade, seja dentro ou fora do ICTA, seja no campus da saúde, do centro ou do vale, meu agradecimento especial pelos insights e trocas de ideias, principalmente sobre panoramas de mercado, pela coragem e esforço de conseguirem palestrantes excepcionais, agregando muito nas disciplinas. Professores, vocês têm toda a minha admiração pelos profissionais e pessoas que vocês são.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul por todo o suporte prestado, por toda sua infraestrutura, por todos os seus colaboradores e prestadores de serviço, ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, por sua infraestrutura tanto de sala de aula, quanto de laboratórios que permitiram o meu desenvolvimento profissional e humano.

Aos integrantes da banca avaliadora por honrar-me com suas participações e contribuírem por meio de seus conhecimentos com este trabalho.

Por fim, gostaria de agradecer a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para que este projeto fosse concluído com sucesso. Seja através de uma palavra de incentivo, uma ideia ou um simples gesto de amizade, cada uma dessas pessoas teve um papel importante nesta conquista e merece todo o meu agradecimento e admiração.

PRINCIPAIS COMPOSTOS AROMÁTICOS ENCONTRADOS EM UVAS MOSCATÉIS PARA ELABORAÇÃO DE ESPUMANTES: UMA REVISÃO.

Autor: Augusto Kunz

Orientador: Prof. Dr. Vitor Manfroi

RESUMO: O trabalho apresenta uma compilação de estudos sobre compostos voláteis em mostos, vinhos e espumantes de diferentes variedades de uvas moscatéis. O foco principal é nas uvas Moscato Giallo, Moscato Branco e Moscato Alexandria. Os resultados sugerem que aromas florais e frutados são comuns nas três variedades de uva, com a adição de algumas notas específicas como citronela, gerânios e rosas. O estudo identifica a presença de diferentes monoterpênicos, ésteres, álcoois, aldeídos e ácidos nas variedades de uva, que contribuem para a complexidade sensorial dos espumantes, incluindo aromas de flores, frutas, herbáceos, gramíneos e de queijos. As descobertas do estudo fornecem informações sobre a química complexa das uvas Moscato e a importância dos compostos aromáticos na formação de suas características sensoriais únicas.

Palavras-chave: aromas; uva Moscato; compostos aromáticos; compostos voláteis.

MAIN AROMATIC COMPOUNDS FOUND IN MUSCAT GRAPES FOR SPARKLING WINE PRODUCTION: A REVIEW.

Author: Augusto Kunz

Advisor: Prof. Dr. Vitor Manfroi

ABSTRACT: The study presents a compilation of research on volatile compounds found in musts, wines, and sparkling wines of different Muscato grape varieties, with a primary focus on Moscato Giallo, White Muscat, and Muscat of Alexandria grapes. The results suggest that floral and fruity aromas are common among all three grape varieties, with specific notes such as citronella, geraniums, and roses. The study identifies the presence of different compounds, including monoterpenes, esters, alcohols, aldehydes, and acids, which contribute to the sensory complexity of sparkling wines, including floral, fruit, herbaceous, grassy, and cheese aromas. The study's findings provide insight into the complex chemistry of Muscato grapes and the importance of aromatic compounds in shaping their unique sensory characteristics.

Keywords: aromas; Muscat grape; aromatic compounds; volatile compounds.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Volume anual (L) de comercialização de espumante no Brasil no período 2018-2021.	1
Tabela 2. Volume elaborado de bases para espumantes na safra 2022, no Estado do Rio Grande do Sul.	2

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Monoterpenos associados às uvas Moscato Branco, Giallo e de Alexandria com seus aromas associados.	16
Quadro 2. Ésteres associados às uvas Moscato Branco, Giallo e de Alexandria com seus aromas associados.	18
Quadro 3. Álcoois C6 associados às uvas Moscato Branco, Giallo e de Alexandria com seus aromas associados.	19
Quadro 4. C13-norisoprenoides e aldeídos associados às uvas Moscato Branco, Giallo e de Alexandria com seus aromas associados.	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Volume de comercialização de vinhos mundial entre 2000 e 2021, em milhões de hectolitros. Linha verde: vinho em embalagens <2L. Linha amarela: espumante. Linha rosa: vinhos em bag-in-box. Linha roxa: vinhos em grandes volumes.1

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	0
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivo geral	5
2.2. Objetivos específicos	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS	6
4. REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1. Compostos aromáticos de interesse em uvas para a elaboração de espumantes	7
4.1.1. Ésteres	8
4.1.2. Isoprenoides	9
4.1.2.1. Terpenos	9
4.1.2.2. C13-norisoprenoides	11
4.1.3. Álcoois	12
4.1.4. Aldeídos	13
4.2. Uvas para produção de espumantes e vinhos base moscatéis	13
4.3. Uvas Moscato	13
4.3.1. Moscato Branco	14
4.3.2. Moscato Giallo	14
4.3.3. Moscato de Alexandria	14
4.4. Associações entre compostos aromáticos e aromas para as uvas Moscato Branco, Moscato Giallo e Moscato de Alexandria	15
5. CONCLUSÃO	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

Os espumantes brasileiros têm ganhado cada vez mais relevância no cenário nacional e internacional, alcançando 186 medalhas internacionais no ano de 2021. Os espumantes compõem uma classe de vinho definida pela lei nº 10.970/04 (BRASIL, 2004) e podem ser divididos em duas classes:

Art. 11. Champanha (Champagne), Espumante ou Espumante Natural é o vinho cujo anidrido carbônico provém exclusivamente de uma segunda fermentação alcoólica do vinho em garrafas (método Champenoise/tradicional) ou em grandes recipientes (método Chaussepied/Charmad), com uma pressão mínima de 4 (quatro) atmosferas a 20° C (vinte graus Célsius) e com teor alcoólico de 10% (dez por cento) a 13% (treze por cento) em volume.

Art. 12. Vinho moscato espumante ou Moscatel Espumante é o vinho cujo anidrido carbônico provém da fermentação em recipiente fechado, de mosto ou de mosto conservado de uva moscatel, com uma pressão mínima de 4 (quatro) atmosferas a 20° C (vinte graus Célsius), e com um teor alcoólico de 7% (sete por cento) a 10% (dez por cento) em volume, e no mínimo 20 (vinte) gramas de açúcar remanescente (BRASIL, 2004).

Segundo o relatório técnico da Embrapa, a comercialização de espumantes no Brasil obteve um crescimento anual de 22,72% em 2021, totalizando 36,56 milhões de litros de espumantes, dos quais 31,24 milhões são nacionais. Destaca-se ainda o crescimento dos espumantes moscatéis no Brasil, alcançando 12,24 milhões de litros neste mesmo ano, conforme Tabela 1 (EMBRAPA, 2022).

Tabela 1. Volume anual (L) de comercialização de espumante no Brasil no período 2018-2021.

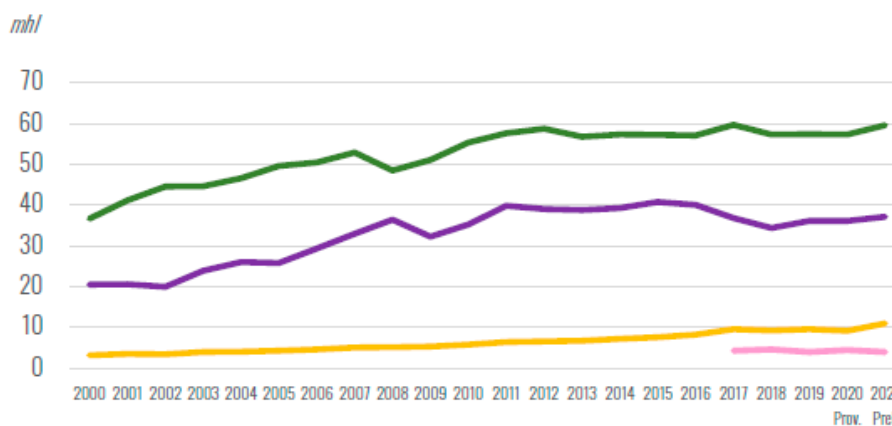
Tipo	2018	2019	2020	2021
Espumante Natural	11.692.300	13.350.344	13.312.191	19.002.638
Espumante Moscatel	6.526.075	8.905.081	9.298.571	12.240.059
Total	18.218.375	22.255.425	22.610.762	31.242.697

Fonte: Adaptado de EMBRAPA, 2022.

Internacionalmente, o volume comercializado de espumantes representa cerca de 10% do volume total de vinhos, número esse que também cresceu nos últimos anos (Figura 1) (OIV, 2022).

Figura 1. Volume de comercialização de vinhos mundial entre 2000 e 2021, em milhões de hectolitros. Linha verde: vinho em embalagens <2L. Linha amarela:

espumante. Linha rosa: vinhos em bag-in-box. Linha roxa: vinhos em grandes volumes.



Fonte: OIV, 2022.

O presente estudo teve foco particular nos espumantes moscatéis. No Estado do Rio Grande do Sul, destacam-se dentre as variedades de uvas utilizadas na elaboração desses produtos as variedades aromáticas. Segundo Pereira et al (2020), as principais variedades destinadas à elaboração de espumantes moscatéis são: Moscato Branco, Moscato Giallo, Moscatel de Alexandria, Malvasia de Cândia e Malvasia Bianca. Outras uvas que podem ser utilizadas na elaboração de moscatéis incluem Moscato Rosado, Moscato de Hamburgo, Moscato Nazareno, entre outras. Observa-se que a produção de vinhos base para espumante moscatel foram superiores às destinadas ao método tradicional (Champenoise) e Charmat no ano de 2022 (Tabela 2).

Tabela 2. Volume (L) elaborado de bases para espumantes na safra 2022, no Estado do Rio Grande do Sul.

Produtos	Quantidade (litros)
Base espumante moscatel	6.308.042,5
Base espumante champenoise	1.146.717
Base espumante charmat	4.078.765,8
Espumante moscatel	27.200
Espumante	70.758,5
Total	11.631.483,8

Fonte: SEAPDR (2022).

Não há vinho base ou espumante com elevados atributos sensoriais sem uvas de alta qualidade. Os aromas obtidos nas uvas e, conseqüentemente, nos vinhos têm influência principalmente do *terroir*. O conceito de *terroir* engloba clima, pluviometria, insolação, microclima, amplitude térmica, solo, topografia e as ações do homem. A produtividade e qualidade das uvas cultivadas no Rio Grande do Sul está atrelada principalmente à precipitação bem distribuída ao longo do ciclo da videira e à elevada umidade relativa do ar, que por sua vez impacta diretamente na incidência de doenças fúngicas (TONIETTO et al, 2012).

Apesar de um número considerável de compostos aromáticos que contribuem para a qualidade do vinho serem produzidos pelas leveduras durante a fermentação ou o envelhecimento dos vinhos, uma boa parte já se encontra presente na uva e passa inalterada pela fermentação ou com uma mínima modificação.

Segundo Bayonove et al. (1998), o aroma de um vinho pode, dependendo da sua origem e técnica utilizada na produção, ser classificado em 4 categorias: aroma varietal – aroma característico da variedade da uva, dependente de vários fatores, como o clima, solo, estado sanitário e grau de maturação da uva; aroma pré-fermentativo – desenvolvido durante o processamento e operações tecnológicas, sendo o seu aroma gerado principalmente por aldeídos e álcoois com 6 átomos de carbono (C6); aroma fermentativo – é resultante dos compostos produzidos pelas leveduras e bactérias lácticas durante o processo fermentativo, influenciado pelas condições em que esse processo ocorre, sendo as famílias álcoois e ésteres as mais abundantes e responsáveis por este aroma; e aroma pós-fermentativo – resultante das transformações ocorridas durante a maturação, ou seja, conservação e envelhecimento do vinho, através de um conjunto de reações químicas e bioquímicas, de oxidação e reações enzimáticas, gerando principalmente fenóis e lactonas.

O aroma primário é composto pelo conjunto de aromas varietais e pré-fermentativos, enquanto o aroma secundário é formado pelo aroma fermentativo e o aroma terciário pelo aroma pós-fermentativo. Dessa forma, pode-se afirmar que a complexidade aromática refinada de um vinho é resultado da variedade da uva, das leveduras envolvidas no processo de fermentação, dos produtos gerados pelo metabolismo secundário dos microrganismos, além do envelhecimento e das condições de armazenamento (POLASKOVÁ et al., 2008).

Este trabalho abordará principalmente os aromas primários, ou seja, aqueles provenientes da uva antes do processo fermentativo. Segundo Ruiz et al. (2019),

estes aromas desempenham uma função fundamental nas características de muitos vinhos, como é o caso dos espumantes e vinhos base moscatéis.

Embora o aroma varietal esteja relacionado com a variedade da uva, nem sempre é possível reconhecê-lo diretamente na mesma. O termo aroma varietal não implica que cada variedade de uva possui compostos voláteis específicos; um determinado composto odorífero ou precursor é normalmente encontrado no mosto e vinhos de diversas variedades de uva. A personalidade individual aromática de cada variedade de uva é graças às combinações particulares dos vários compostos presentes nelas (RIBÉRAU-GAYON et al, 2006a).

Castas aromáticas como moscatéis, por exemplo, podem revelar seu aroma somente durante a fermentação e conservação do vinho (RIBÉREAU-GAYON et al., 2005). Isso se deve ao conceito de precursor de aroma, em que substâncias não voláteis, como ácidos fenólicos, ácidos graxos, glicosídeos, carotenoides e conjugados de cisteína, são capazes de originar compostos aromáticos por meio de reações químicas e enzimáticas. Alguns precursores podem ser classificados como substâncias odoríferas ou não odoríferas, mas sua instabilidade pode levá-los a se transformar em outras substâncias odoríferas, como é o caso de alguns terpenóis, norisoprenoides em C13 e dióis terpênicos. O aroma varietal, portanto, compreende tanto a fração livre do aroma quanto os precursores aromáticos (BELANIC; AGOSIN, 2003).

A pesquisa da composição volátil das uvas é de extrema importância para se obter um norte de qualidade dos produtos feitos a partir delas. Quando se atrela isso às condições ambientais, climáticas, pluviométricas e às técnicas produtivas, pode-se melhorar ainda mais a qualidade dos frutos. Paralelo a isso, é importante pesquisar sobre a evolução dos aromas presentes na uva e na elaboração de vinhos e espumantes e, com isso, fomentar o mercado interno e ganhar mais espaço externamente, com produtos de excelente qualidade.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral mapear na literatura os principais aromas, os principais compostos aromáticos e suas relações em uvas Moscato destinadas à produção de espumantes.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar os compostos aromáticos relevantes das uvas Moscato Giallo, Moscato Branco e Moscato de Alexandria de interesse para produção de espumantes.
- Identificar os aromas relacionados a esses compostos.
- Propor, a partir da literatura, uma lista de associações de composto/aroma em uvas aromáticas de interesse à produção de espumantes.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo, foi realizada uma revisão bibliográfica através da consulta a artigos científicos e publicações nas bases de dados “*Web of Science*”, “*Science Direct*”, “*Scopus*” e “Portal de Periódicos da Capes”. Foram utilizadas combinações das seguintes palavras-chaves: “*muscat*”; “*moscato*”; “*white muscat*”; “*muscat à petit grains*”; “*muscat of Alexandria*”; “*moscato giallo*”; “*aroma profile*”; “*monoterpenes*”; “*esters*”; “*volatile compounds*”; “*volatile aromas*”, com o intuito de filtrar os materiais de interesse. A coleta de dados foi realizada entre outubro de 2022 e março de 2023. Os dados foram sumarizados e analisados, sendo construído um quadro indicativo das associações entre compostos e aromas, separando os resultados para cada uma das três uvas: “Moscato Branco”, “Moscato Giallo”, “Moscato de Alexandria”.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Compostos aromáticos de interesse em uvas para a elaboração de espumantes

A composição volátil das uvas Moscato é um fator importante a ser considerado na produção de vinhos e outros produtos derivados da uva. O conhecimento a respeito das moléculas aromáticas presentes no vinho pode contribuir na diferenciação e inovação, entregando produtos distintivos ao consumidor, bem como na prevenção do surgimento de aromas indesejados nos espumantes (PARKER et al, 2017).

Os compostos voláteis presentes nas uvas afetam o aroma e o sabor do vinho e são influenciados por fatores como a região de cultivo, as condições climáticas, o estágio de maturação das uvas e as técnicas de vinificação utilizadas. A exposição da fruta à luz solar propicia o acúmulo de norisoprenos e monoterpenos. Além disso, o tempo de retirada das folhas tem grande influência nos componentes aromáticos da uva e do vinho: Verzera et al. (2021) e Alessandrini et al. (2018) encontraram um aumento na concentração de antocianinas e flavonoides no vinho após o tratamento de desfolha, o que melhorou as características organolépticas do vinho.

A cobertura reflexiva, por sua vez, aumenta significativamente a taxa de coloração da fruta e a concentração de açúcar, aumentando a intensidade da luz incidente sobre a videira, aumentando assim a concentração de álcool e fenóis do vinho. Sasaki et al. (2016) adotaram o método de cobertura morta reflexiva durante o período de crescimento da uva, promovendo um aumento da concentração de linalol nas uvas Sauvignon Blanc.

Outro aspecto importante na qualidade da uva é o solo. Os principais fatores de influência são a textura do solo e o manejo dos fertilizantes. Técnicas como a irrigação por déficit regulado (RDI) (JU et al., 2018) podem aumentar o acúmulo de terpenos, antocianinas, fenóis totais e açúcar da uva (PINILLOS et al., 2016).

Os principais compostos atrelados ao aroma varietal são os terpenos, tióis, pirazinas, norisoprenoides e metoxipirazinas (MPs), compostos que são amplamente distribuídos pelo reino vegetal, intervindo em vários processos celulares básicos das plantas (RUIZ et al, 2019). Cada composto possui um limite de percepção (*threshold*) específico, que é a concentração mínima de um composto que pode ser detectada pelos sentidos humanos. A seguir, são discutidos a fundo grupos específicos de compostos aromáticos em uvas Moscato.

4.1.1. Ésteres

Os ésteres, classe mais abundante nos vinhos, nos quais já foram identificados mais de 160 moléculas específicas, são produzidos pelas leveduras durante a fermentação como produtos secundários e contribuem positivamente para o aroma do vinho com notas frutadas. Sua formação se dá pela condensação entre o grupo carboxila de um ácido orgânico e o grupo hidroxila de um álcool ou fenol. Em sua maioria, são formados durante a fermentação e o armazenamento, encontrados em baixas concentrações, sendo voláteis (VERZERA et al, 2021).

Na produção de espumantes, há duas classes principais de ésteres que merecem destaque. A primeira classe é composta por ésteres de acetato com um grupo acil derivado de acetil-CoA e um grupo álcool derivado do metabolismo de aminoácidos. Os exemplos notáveis dessa classe são o acetato de etila, que produz aromas frutados e similares a solvente, o acetato de isoamila, que é um descritor aromático de banana, e o acetato de 2-feniletil, que é responsável por produzir aromas florais, de mel e de rosas. A segunda categoria de ésteres de interesse é composta pelos ésteres etílicos de ácidos graxos de cadeia média. Exemplos desta categoria são o hexanoato de etila e o octanoato de etila, ambos com aromas frutados semelhantes a maçã. Além dessas duas categorias, os ésteres cíclicos com anéis de cinco membros, conhecidos como γ -lactonas, também podem contribuir para os aromas dos vinhos (CORDENTE, 2012; WATERHOUSE; SACKS; JEFFERY, 2016).

Nos vinhos envelhecidos, os ésteres são formados a partir do equilíbrio entre os processos de esterificação e hidrólise. Altas concentrações de etanol favorecem o processo de esterificação (BORDIGA et al., 2013). Karabagias et al. (2020) e Nicolli et al. (2018) verificaram que vinhos elaborados com uvas provenientes de videira com menor quantidade de gemas (20 por planta) apresentaram níveis mais elevados de compostos como o hexanoato de etila e o octanoato de etila em sua composição. Os ésteres também foram os principais compostos encontrados em um estudo de Nicolli et al. (2015), que analisou 21 espumantes Moscatéis do Sul do Brasil e dois espumantes Asti. Neste estudo, foram identificados 70 compostos voláteis, dos quais 27 eram ésteres, com a maior porcentagem de área total cromatográfica (57,96%). Os ésteres que apresentaram a maior área cromatográfica nas amostras dos espumantes brasileiros foram o octanoato de etila (7,30%), o hexanoato de etila (4,37%), o succinato de dietila (2,35%) e o acetato de 2-feniletil (1,32%). Conforme Bordiga et al.

(2013), os ésteres são componentes importantes do aroma dos vinhos, especialmente nos vinhos à base de moscatel, por suas notas frutadas e florais.

4.1.2. Isoprenoides

São uma classe de compostos orgânicos que possuem como unidade básica o isopreno, uma molécula com cinco átomos de carbono. Esses compostos são encontrados em diversas espécies de plantas e animais e apresentam diversas funções biológicas, como pigmentação, sinalização celular, defesa contra predadores e atração de polinizadores (RUIZ et al, 2019).

Entre os isoprenoides de origem vegetal, o grupo dos terpenos é um dos mais abundantes. Eles são formados a partir da união de duas unidades de isopreno (monoterpenos) ou mais e podem apresentar uma ampla variedade de estruturas e propriedades químicas. Os terpenos podem ser hidrocarbonetos simples, ou modificados com diferentes grupos funcionais, sendo então denominados terpenoides (PERVEEN; AL-TAWHEEL, 2018). Os terpenos são responsáveis por muitas das características organolépticas dos vinhos, como o aroma e o sabor. No geral, a casca da uva possui maior concentração de monoterpenos livres e glicosilados do que a polpa ou o suco. As uvas da variedade Moscato são conhecidas por apresentar altas concentrações de terpenos, conferindo aos vinhos e espumantes um aroma floral e frutado característico (RUIZ et al, 2019).

Além dos terpenos, outros isoprenoides também podem estar presentes nas uvas e nos vinhos, como os norisoprenoides em C13 e os dióis terpênicos. Esses compostos podem ter origem em precursores presentes na uva e contribuem para a complexidade e diversidade do aroma e sabor dos vinhos (RUIZ et al, 2019).

Assim, os isoprenoides, em especial os terpenos, são compostos importantes na produção e caracterização dos vinhos, estando presentes em diferentes quantidades e variedades de uva. Sua presença contribui para a complexidade e qualidade dos vinhos e pode ser um fator determinante na escolha e apreciação dessas bebidas (RUIZ et al, 2019).

4.1.2.1. Terpenos

Os terpenos são compostos varietais que têm sido extensivamente estudados em uvas *Vitis vinifera*. Cerca de 40 terpenos foram identificados, podendo ocorrer em diferentes formas, como hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas ou ésteres. Seus

impactos olfativos são sinérgicos e eles são responsáveis pelos aromas cítricos, florais e resinosos em uvas. Os álcoois monoterpênicos, como linalol, α -terpineol, nerol, geraniol, citronelol e hotrienol, são alguns dos terpenos mais odoríferos. A composição dos terpenos livres varia de acordo com as partes da uva, com maior concentração de geraniol e nerol nas cascas em comparação com a polpa ou suco (GONZÁLEZ-BARREIRO et al, 2015). Os terpenos fazem parte de uma vasta família de compostos com cerca de 4000 elementos, e os monoterpênicos e alguns sesquiterpenos são os que têm maior interesse olfativo. Os monoterpênicos podem ser agrupados em três categorias: compostos aromáticos livres, polióis terpênicos e monoterpênicos glicosilados. Os álcoois monoterpênicos são os compostos que têm maior importância na expressão sensorial do buquê do vinho, contribuindo para o aroma de castas como Moscato. Essa variedade de uva é a mais rica em compostos terpênicos, representando cerca de 40-50% das substâncias aromáticas quantificáveis. Durante a fermentação, os compostos terpênicos são hidrolisados, transformando-se em terpenos voláteis livres pelas glicosidases das leveduras e pelo ambiente ácido (MATEO; JIMÉNEZ, 2000; MAICAS; MATEO, 2005).

Os glicosídeos terpênicos foram os primeiros compostos glicosídicos identificados nas uvas, sendo os precursores de aroma mais significativos em muitas variedades de uva. Os monoterpênicos podem ser encontrados como compostos voláteis livres; no entanto, esses compostos estão presentes em concentrações muito mais altas como precursores não voláteis ligados a porções de açúcar (glicosídeos) do que como compostos livres em uvas e mostos. A hidrólise do glicosídeo precursor leva à liberação do composto de aroma volátil livre (RUIZ et al, 2019).

Terpenos frequentemente encontrados em espumantes moscatéis incluem o linalol, o geraniol, o nerol, o citronelol, o α -terpineol e o hotrienol. A seguir, são discutidas peculiaridades desses compostos.

O linalol é um monoterpenoide monocíclico, encontrado em diversas plantas, incluindo o gênero *Lavandula* (lavanda), o gênero *Mentha* (hortelã) e a árvore do pau-rosa. Contribui para o aroma floral e frutado característico dos vinhos elaborados com uvas moscatéis, com notas de flores de laranjeira, limão, maçã verde e pêssego, tendo o limiar de percepção de 6 ng/L (RUIZ et al., 2019).

O geraniol é outro monoterpêno comum em uvas Moscato, e contribui principalmente para o aroma floral, em especial com o aroma de gerânio, tendo o limiar de percepção de 30 μ g/L (PARDO, 2015; CALIARI, 2015).

O nerol é descrito como tendo um aroma floral e levemente cítrico, associado a flor de laranjeira. Possui uma estrutura química semelhante ao geraniol, com configuração diferente apenas na posição do grupo hidroxila; no entanto, seu limiar de percepção é de 300 µg/L, dez vezes superior ao do geraniol (PARDO, 2015; CALIARI, 2015).

O citronelol é um monoterpeneo cíclico encontrado naturalmente em várias plantas, incluindo as uvas da casta Moscato (KOSLITZ et al., 2008). O citronelol é descrito como tendo um aroma floral, com notas de rosa, gerânio e limão (BLACK, 2015; BUESA 2021; GUANATA, 1985).

O α -Terpineol é um álcool monoterpeneoide terciário amplamente utilizado na indústria de aromas e fragrâncias por suas propriedades sensoriais. Foi identificado em centenas de fontes naturais (flores, ervas, folhas, frutas, óleos e outros), estando presente em concentrações variadas. Seus aromas remetem a lírios e anis (SALES, 2020).

O hotrienol é um álcool terciário monoterpeneoide naturalmente encontrado em plantas como a *Vitis vinifera*, sendo também um metabólito produzido pelas leveduras *Saccharomyces cerevisiae*. Confere fragrância encontrada nas rosas e no óleo de rosas. É o principal constituinte de vários óleos essenciais e usado como aromatizante de alimentos e em perfumes e cosméticos. É caracterizado por uma nota de topo poderosa e distinta (FAO, 2023; ChEBI, 2023).

4.1.2.2. C13-norisoprenoides

São um grupo de compostos orgânicos que são formados a partir de carotenoides durante a maturação da uva. Os C13-norisoprenoides mais comuns encontrados em uvas Moscato são o 3-oxo- α -ionol e o β -damascenona. Esses compostos são responsáveis pelo aroma floral e de frutas maduras. Eles também contribuem para os aromas de frutas secas e de mel que são frequentemente associados a esses vinhos (ALEM et al 2019; PINEAU et al 2007).

A hidrólise enzimática de extratos de glicosídeos das variedades Moscato, Riesling, Sémillon, Chardonnay, Sauvignon e Syrah provoca a liberação não apenas de terpenos, mas também de C-13-norisoprenoides, como o 3-oxo- α -ionol e 3-hidroxi- β -damascenona (GUNATA et al. 1990). Estes compostos encontram-se totalmente glicosilados na uva e, ao contrário dos terpenos, encontram-se em teores semelhantes tanto nas castas aromáticas quanto nas neutras, sendo capazes de conferir certa

tipicidade ao sabor do vinho por apresentarem limiares inferiores aos dos terpenos, contribuindo com aromas característicos (RAZUNGLES et al. 1987).

A β -damascenona apresenta um limite de percepção relativamente baixo em solução hidroalcoólica a 12% (45 ng/L), estando presente em muitas variedades de uva, nomeadamente *Riesling*, *Scheurebe*, *Moscatel*, *Merlot*, *Cabernet Sauvignon* e *Cabernet Franc*. Já à β -ionona, composto que confere um aroma característico a violeta, possui um limite de percepção mais elevado (800 ng/L), tendo sido identificada a sua presença em várias castas brancas incluindo Moscatéis (RIBÉREAU-GAYON et al., 2005; MENDES PINTO, 2009). Também foi descoberto que a β -damascenona atua como um intensificador de aroma para ésteres etílicos associados ao aroma de frutas silvestres; por outro lado, tem a capacidade de mascarar características herbáceas relacionadas à metoxipirazina (BLACK et al 2015).

4.1.3. Álcoois

Os álcoois com mais de dois átomos de carbono, em geral, são denominados álcoois superiores ou álcoois fúseis, formados durante a fermentação alcoólica do mosto de uva, podendo contribuir com aromas de creme de amêndoas e álcool fúsel aos vinhos; os mais significativos aromaticamente são os de cadeias de três a seis átomos de carbono. Esses compostos são gerados através de complexas reações metabólicas que ocorrem durante o processo de catabolismo de aminoácidos pelas leveduras responsáveis pela fermentação. Esses compostos podem ter um impacto significativo na qualidade sensorial dos vinhos, melhorando o seu buquê e, conseqüentemente, aumentando o valor percebido pelos consumidores. No entanto, a concentração desses compostos deve ser cuidadosamente controlada, pois em excesso, podem levar a aromas desagradáveis, comprometendo a qualidade do vinho. A formação dos álcoois superiores está relacionada as reações de transaminação, descarboxilação e desidrogenação de aminoácidos durante o metabolismo das leveduras (CATANIA; AVAGNINA, 2010; EBELER; THORNGATE, 2009; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006b).

Os álcoois superiores e seus ésteres, principalmente os álcoois isobutílicos e acetato de isoamila, possuem aromas intensos capazes de provocar uma grande complexidade aromática nos vinhos (RIBÉREAU-GAYON et al. 2006b). Os álcoois C6 são derivados da fração lipídica das uvas (ácidos linoleico e linolênico), tendo como

principais descritores os aromas herbáceos e vegetais, são exemplos desse grupo os álcoois 1-hexanol e cis e trans-3-hexenol.

4.1.4. Aldeídos

Poucos aldeídos estão presentes nas uvas, dentre eles o hexanal, que confere aroma vegetal aos vinhos (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006a) e as metoxipirazinas (MPs). As estruturas químicas das pirazinas compartilham um anel heterocíclico de nitrogênio ($C_4N_2H_4$) com diferentes cadeias laterais, o que as tornam compostos voláteis hidrofóbicos muito estáveis, difíceis de remover ou reduzir nos vinhos (LEI et al., 2018). Em baixas concentrações, a presença de metoxipirazinas pode contribuir positivamente para o aroma varietal do vinho, mas em quantidades excessivas, podem ser avassaladoras e prejudiciais ao vinho, conferindo características verdes e herbáceas desagradáveis que as práticas comuns da adega, como colagem de bentonite, contato com carvalho, uso de pectinases e micro-oxigenação não são capazes de remover.

As 3-alquil-2 metoxipirazinas são odores muito poderosos presentes em algumas variedades de uva, particularmente Sauvignon Blanc e Cabernet-Sauvignon, conferindo um caráter herbáceo (vegetal) aos vinhos (LEI et al., 2018, RUIZ et al., 2019, RYAN et al. al., 2005, RYONA et al., 2008). A metoxipirazina considerada a mais relevante para o sabor do vinho é a 3-isobutil-2-metoxipirazina (IBMP), muito correlacionada com o caráter de aroma do pimentão nos vinhos. Uma característica importante das metoxipirazinas é o seu limiar sensorial muito baixo (entre 1 e 10 ng/L) e, por isso, a sua presença no vinho em concentrações muito baixas requer o desenvolvimento de métodos analíticos muito sensíveis para a sua detecção.

4.2. Uvas para produção de espumantes e vinhos base moscatéis

As uvas Moscato, também conhecidas como Moscatel ou Muscat, são uma das variedades de uva mais aromáticas cultivadas em todo o mundo. Há uma grande variedade de cepas de uvas Moscatel, incluindo a Moscato Branco, Moscato Giallo e Moscato de Alexandria, cada uma com sua própria composição volátil única que contribui para suas características sensoriais distintas.

4.3. Uvas Moscato

4.3.1. Moscato Branco

A mais clássica das Moscatos, tem seu brotamento precoce e um amadurecimento médio; suas bagas são menores que as outras Moscatéis. Possui um aroma distinto de uva que pode ser também delicado (às vezes pungente), floral e picante. A composição volátil da uva é composta por uma ampla variedade de compostos, incluindo terpenoides, álcoois, ésteres e aldeídos. Pode-se destacar os compostos terpênicos linalol (rosa, floral), geraniol (rosas), nerol (rosas, laranjeira) (MENEZES-FILHO, 2019).

4.3.2. Moscato Giallo

A análise de parentesco de DNA revelou que a Moscato Giallo possui uma relação filho-pai com a Moscato Branco, e é, portanto, meia-irmã de pelo menos mais cinco outras variedades que têm a mesma relação com a Moscato Branco. Os vinhos feitos com essa variedade de uva normalmente são leves e fáceis de beber, gentilmente aromáticos com uma gama de cítricos, incluindo às vezes aromas levemente herbáceos (ROBINSON; HARDING; VOUILLAMOZ, 2012).

A composição volátil da uva Moscato Giallo também é constituída por uma variedade de compostos pertencentes aos monoterpenos e ésteres, conferindo aromas frutados como de banana, abacaxi e pêssego (CALIARI et al, 2015).

4.3.3. Moscato de Alexandria

Variedade bem adaptada ao calor e à seca, nas condições de plantio e tratamentos certos essa uva pode atingir elevado teor de açúcar. Possui um teor de linalol muito semelhante à Moscato Branco e um elevado nível de geraniol. Essa diferença pode contribuir quando se combina as uvas (ROBINSON; HARDING; VOUILLAMOZ, 2012; RIBÉREAU-GAYON et al., 1975).

Os principais terpenos descritos nesta variedade são linalol, citronelol, nerol, geraniol e α -terpineol (ARAGÓN-GARCÍA; RUÍZ-RODRÍGUEZ; PALMA, 2021). O perfil aromático desta cultivar é muito apreciado, tendo sido misturado com outros vinhos para melhorar a composição aromática final dos vinhos brancos (BUESA, 2021). Outros compostos voláteis que contribuem para o aroma dos vinhos produzidos com essa casta são alguns norisoprenoides, ácidos, ésteres, vários acetatos e alguns fenóis voláteis, como acontece com a maioria dos vinhos brancos jovens (PEDROSA-LÓPEZ 2022).

4.4. Associações entre compostos aromáticos e aromas para as uvas Moscato Branco, Moscato Giallo e Moscato de Alexandria

Foram compilados estudos sobre os compostos voláteis em mostos, vinhos e espumantes das uvas em questão. Os resultados foram agrupados segundo o tipo de uva (Moscato Branco, Moscato Giallo e Moscato de Alexandria) e segundo a matriz avaliada pelos estudos (mosto ou vinho/espumante, em $\mu\text{g/L}$), listando os aromas correspondentes e limites de detecção (*thresholds*) para os compostos aromáticos observados na literatura. Para análise dos resultados, os compostos foram agrupados nas seguintes classes: monoterpenos; ésteres; álcoois (C6); C13-isoprenoides e aldeídos.

No quadro 1, são apresentados os resultados correspondentes aos monoterpenos. Esse grupo apresentou diversos compostos em concentrações acima do limite de percepção, tanto para mostos quanto para vinhos e espumantes, incluindo as moléculas linalol, geraniol, nerol, citronelol, hotrienol e α -terpineol. Outros monoterpenos estudados na literatura com respeito a uvas moscatéis incluem o óxido de rosa, com *threshold* estimado em $200 \mu\text{g/L}$ e o limoneno, com *threshold* estimado em $20 \mu\text{g/L}$ (MARCON, 2019).

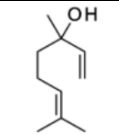
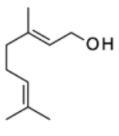
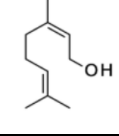
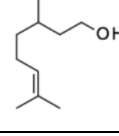
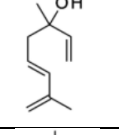
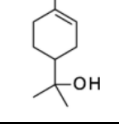
Para a uva Moscato Giallo, quando se observa o mosto das uvas, nota-se um teor elevado de geraniol ($1174\text{-}1527 \mu\text{g/L}$) e nerol ($450\text{-}762 \mu\text{g/L}$), superiores aos *thresholds* ($30\text{-}130 \mu\text{g/L}$ e $400 \mu\text{g/L}$, respectivamente) e superiores aos teores das uvas Moscato Branco e a Moscato de Alexandria, indicando que os aromas predominantes dessa uva são florais, remetendo a gerânios e rosas. Observa-se ainda teores de hotrienol e α -terpineol inferiores ao *threshold*, o que remete a um aroma menos pronunciado de flores como o jacinto e o lírio no mosto da uva Moscato Giallo. Por outro lado, examinando as amostras avaliadas de espumantes, observaram-se para essa uva baixos teores de geraniol e nerol, abaixo do *threshold*, e altos níveis de hotrienol e α -terpineol. Isso pode estar relacionado à presença de precursores aromáticos destas duas moléculas nas uvas Moscato Giallo, permitindo o desenvolvimento de compostos aromáticos durante a fermentação. Estudos futuros podem acompanhar o desenvolvimento dessas moléculas durante a fermentação de espumantes para melhor compreensão desse fenômeno.

Para uvas Moscato branco, observou-se maior variação entre resultados nos níveis de geraniol e nerol comparando mostos com vinhos, sendo indicado aprofundar

estudos sobre o comportamento destes compostos na elaboração de vinhos e espumantes. Destacaram-se os compostos hotrienol e α -terpineol com teores superiores nos vinhos em relação aos mostos, conforme ressaltado por Palomo et al. (2007). Além disso, o vinho elaborado a partir de uvas Moscato branco apresentou teores superiores de citrionelol em relação às demais castas, remetendo a aromas de citronela, tília e cravo. Ressalta-se ainda o teor de linalol acima do limite de detecção olfativa (10-380 $\mu\text{g/L}$).

Já na uva Moscato de Alexandria, observaram-se menores teores de monoterpenos, com os menores teores de hotrienol, linalol e α -terpineol em vinhos dentre as três castas.

Quadro 1. Monoterpenos associados às uvas Moscato Branco, Giallo e de Alexandria com seus aromas associados. nd: não identificado nos estudos.

	Composto	Estrutura química	Uva	Mosto ($\mu\text{g/L}$)	Vinho/Espumante ($\mu\text{g/L}$)	Threshold	Aromas	Artigos
Monoterpenos	Linalol		Moscato Branco	103-197,5	10-380	15-50	Rosa, floral, frutado, muscat	1,2,3,4,5,6
			Moscato Giallo	1256,95-2804,15	862-1732			
			Moscato de Alexandria	363,6-1416	23			
	Geraniol		Moscato Branco	110,3-165,6	20,6-380	30-130	Rosa, geranio	1,2,3,4,5,6
			Moscato Giallo	1173,59-1527,39	31-46			
			Moscato de Alexandria	95,1-612	85			
	Nerol		Moscato Branco	103-104,1	0-340	400	Floral, rosa	1,2,3,4,5,6
			Moscato Giallo	449,71-762,18	26-30			
			Moscato de Alexandria	28,4-107	29			
	Citrionelol		Moscato Branco	6,4	22-220	20-100	Citrionela, tília, cravo	1,5,6
			Moscato Giallo	20,12-28,02	20-45			
			Moscato de Alexandria	7-39	18-28			
	Hotrienol		Moscato Branco	13,7-82,6	93,9-138,2	110	Jacinto, flor de sabugueiro	5
			Moscato Giallo	4,35-22,07	278-928			
			Moscato de Alexandria	12-21	nd			
	α -Terpineol		Moscato Branco	9,5-36,9	11-760	400	Lírio, anis	1,2,3,4,5,6
			Moscato Giallo	8-21,49	1008-1211			
			Moscato de Alexandria	8-50	21			

Fonte: (1) BLACK et al (2015); (2) PALOMO et al (2007); (3) MARCON et al (2019); (4) CALIARI et al (2015); (5) BUESA et al (2021); (6) GUNATA et al (1985); (7) GUTIÉRREZ-GAMBOA et al (2018); (8) CAI et al (2014); (9) DE OVALLE; BRENA; GONZÁLEZ-POMBO (2021).

Comparando-se os monoterpenos com os seus limites de detecção, de maneira geral, todos os componentes ficam acima desse limite em pelo menos uma das uvas avaliadas, com exceção do óxido de rosa que, em estudo de Marcon et al. (2019), foi encontrado em um valor máximo de 130 µg/L, enquanto seu limite mínimo de detecção é de 200 µg/L.



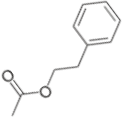
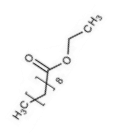
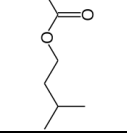
Baseando-se nos monoterpenos, espera-se que nas três uvas os aromas sejam florais, remetendo a rosas e gerânios, bem como frutados. Na uva Moscato Branco também há aromas de citronela e cravo, além de um leve aroma de lírio. Na variedade Moscato Giallo, acrescenta-se também mais intensidade no aroma de lírios e jacinto. Já a Moscato de Alexandria possui menores teores dessa classe de compostos, sugerindo aromas florais mais suaves.

No Quadro 2, são apresentados os teores de ésteres associados às uvas investigadas no presente estudo.

Os compostos hexanoato de etila e acetato isoamílico, com aromas frutados de maçã verde e banana, respectivamente, são encontrados na Moscato branco (0,5-2300 µg/L e 1,7-1000 µg/L) e Giallo (376-748 µg/L e 219-443 µg/L) acima do limite de detecção (5-80 µg/L e 30 µg/L) e na Moscato de Alexandria abaixo do limite. Já os ésteres acetato de etila, acetato de hexila, acetato de 2-feniletila e decanoato de etila aparecem na uva Moscato Branco acima dos limites de detecção e são atribuídos os aromas frutado e solvente, maçã verde e banana, rosas e herbáceo, respectivamente. Para a Moscato de Alexandria encontra-se no mosto o octanoato de etila (51-77µg/L) acima do *threshold* (2-5 µg/L), que confere aromas frutados de abacaxi, banana e pêssego.

Os ésteres tendem a apresentar aromas frutados, e desempenham um papel sensorial mais relevante em variedades de uvas neutras contendo quantidades menos significantes de terpenos. São substâncias formadas pela combinação de um ácido orgânico e álcool. Muitos deles têm origem durante o processo de fermentação do vinho, quando o etanol forma ésteres com os ácidos graxos presentes no vinho (CABAROGLU et al., 2002, LOPEZ et al., 2003, PEDROSA-LÓPEZ 2022).

Quadro 2. Ésteres associados às uvas Moscato Branco, Giallo e de Alexandria com seus aromas associados. nd: não identificado nos estudos.

Ésteres	Composto	Estrutura química	Uva	Mosto (ug/L)	Vinho/Espumante (ug/L)	Threshold	Aromas	Artigos
	Octanoato de etila		Moscato Branco	151,25-547,5	0,3-4800	2-5	Frutado, banana, abacaxi, pêssego	4,5,7
			Moscato Giallo	nd	514-1229			
			Moscato de Alexandria	51-77	nd			
	Hexanoato de etila		Moscato Branco	nd	0,5-2300	5-80	Frutado, maçã verde, banana, floral	4,7,8
			Moscato Giallo	nd	376-748			
			Moscato de Alexandria	nd	nd			
Acetato de 2 feniletil		Moscato Branco	nd	300	250	Rosas	4,7	
		Moscato Giallo	nd	48-97				
		Moscato de Alexandria	nd	nd				
Decanoato de etila		Moscato Branco	nd	300	200	Gramma, frutado, uva	4,7,8	
		Moscato Giallo	nd	67-88				
		Moscato de Alexandria	nd	nd				
Acetato de isoamila		Moscato Branco	nd	1,7-1000	30	Banana, frutado	4,5,7	
		Moscato Giallo	nd	219-443				
		Moscato de Alexandria	2-4	nd				





Fontes: (1) BLACK et al (2015); (2) PALOMO et al (2007); (3) MARCON et al (2019); (4) CALIARI et al (2015); (5) BUESA et al (2021); (6) GUNATA et al (1985); (7) GUTIÉRREZ-GAMBOA et al (2018); (8) CAI et al (2014); (9) DE OVALLE; BRENA; GONZÁLEZ-POMBO (2021).

Conforme apresentado no Quadro 3, os álcoois superiores mais estudados nas uvas Moscato são o álcool benzílico e o fenil-etanol, que proporcionam aromas de frutas silvestres e de mel. Nos estudos levantados, o fenil-etanol não foi quantificado acima do limite de detecção para todas as uvas; no entanto, pode haver efeito sinérgico entre as moléculas. Palomo et al. (2007) encontraram que álcoois C6 estavam presentes em concentrações abaixo dos limites de percepção em todos os espumantes avaliados elaborados a partir de Moscato branco. Ainda assim, os autores observaram um impacto sensorial do 2-feniletanol, que apresentou um aroma característico de rosas, e o 3-metil-1-butanol.

As moléculas de hexan-1-ol e cis e trans-3-hexenol foram quantificadas nas variedades Moscato Branco e de Alexandria e conferem aroma de grama cortada e herbáceo. Quando os compostos C6 estão presentes em uma concentração acima do limiar sensorial, eles podem ser considerados indesejáveis, devido à sua contribuição

para aromas verdes em uvas e vinhos. O *threshold* do hexanol é de 8000 µg/L e de 400 µg/L para o hexenol. O hexanol é geralmente o principal contribuinte do aroma do composto C6 no vinho. (ROUJOU DE BOUBEE, 2003; CULLERE et al., 2007; MENDEZ-COSTABEL et al., 2014; FERREIRA, LÓPEZ, CACHO, 2000).

Quadro 3. Álcoois C6 associados às uvas Moscato Branco, Giallo e de Alexandria com seus aromas associados. nd: não identificado nos estudos.

	Composto	Estrutura química	Uva	Mosto (ug/L)	Vinho/Espumante (ug/L)	Threshold	Aromas	Artigos
Álcoois C6	Álcool Benzílico		Moscato Branco	116,4-142,8	327,4-594,6	200000	Frutado, amora	4,5,6,7
			Moscato Giallo	nd	32-252			
			Moscato de Alexandria	9-46	nd			
	Hexan-1-ol	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₂ OH	Moscato Branco	63,9-218,5	nd	8000	Vegetal, grama cortada	4,5,7
			Moscato Giallo	nd	229-627			
			Moscato de Alexandria	158-722	nd			
	Trans-3-hexenol		Moscato Branco	nd	nd	1000	Herbáceo	4,5,7
			Moscato Giallo	nd	19-24			
			Moscato de Alexandria	15-104	nd			
	Cis-3-hexenol		Moscato Branco	nd	nd	400	Herbáceo	4,5,7
			Moscato Giallo	nd	113-164			
			Moscato de Alexandria	60-182	nd			
	2-Feniletanol		Moscato Branco	102-118	nd	10000	Rosa, mel, floral, madeira	4,5,6,7
			Moscato Giallo	nd	6118-8226			
			Moscato de Alexandria	22-62	nd			

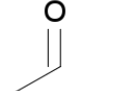

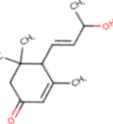
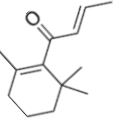
Fonte: (1) BLACK et al (2015); (2) PALOMO et al (2007); (3) MARCON et al (2019); (4) CALIARI et al (2015); (5) BUESA et al (2021); (6) GUNATA et al (1985); (7) GUTIÉRREZ-GAMBOA et al (2018); (8) CAI et al (2014); (9) DE OVALLE; BRENA; GONZÁLEZ-POMBO (2021).

No quadro 4, são apresentados teores de C13-norisoprenoides e aldeídos associados às uvas pesquisadas. O aldeído hexanal foi encontrado nas uvas Moscato branco (2000 µg/L) e também na Moscato de Alexandria (78-490 µg/L), ambas acima do limiar olfativo (20 µg/L), contribuindo para os aromas frutados dos espumantes.

Os C13-norisoprenoides identificados tanto na Moscato branco quanto na Moscato de Alexandria acima do limite sensorial (0,14 µg/L) foram o 3-oxo-α-ionol que proporciona aromas de violeta, framboesa e rosas e a β-damascona associada tanto aos aromas frutado de maçã cozida quanto aos florais de rosa e flores exóticas. Além

destes, segundo estudo de Mathieu et al (2005) são encontrados onze C13-norisoprenoides na Moscato de Alexandria, contribuindo para complexidade de seu aroma.

Quadro 4. C13-norisoprenoides e aldeídos associados às uvas Moscato Branco, Giallo e de Alexandria com seus aromas associados. nd: não identificado nos estudos. N/A: não disponível.

	Composto	Estrutura química	Uva	Mosto (ug/L)	Vinho/Espumante (ug/L)	Threshold	Aromas	Artigos
Aldeídos	Etanal		Moscato Branco	nd	29700	500000	Pungente, maçã madura	3
			Moscato Giallo	nd	nd			
			Moscato de Alexandria	nd	nd			
	Hexanal		Moscato Branco	nd	2000	20	Frutado	3,5
			Moscato Giallo	nd	nd			
			Moscato de Alexandria	78-490	nd			
C13-norisoprenoides	3-oxo- α -ionol		Moscato Branco	nd	29	N/A	Violeta, framboesa, rosa	1,9
			Moscato Giallo	nd	nd			
			Moscato de Alexandria	nd	29			
	β -damascona		Moscato Branco	nd	4	0,14	Frutado, rosa, maçã cozida, flores exóticas	1, 8
			Moscato Giallo	nd	nd			
			Moscato de Alexandria	nd	2-7			

Fonte: (1) BLACK et al (2015); (2) PALOMO et al (2007); (3) MARCON et al (2019); (4) CALIARI et al (2015); (5) BUESA et al (2021); (6) GUNATA et al (1985); (7) GUTIÉRREZ-GAMBOA et al (2018); (8) CAI et al (2014); (9) DE OVALLE; BRENA; GONZÁLEZ-POMBO (2021).

Outros grupos de compostos aromáticos de interesse encontrados em uvas Moscato incluem os ácidos graxos. Dentre os ácidos graxos presentes em uvas Moscato, destacam-se os ácidos hexanoico, octanoico e decanoico. Os ácidos hexanoico e octanoico foram encontrados em espumantes elaborados a partir da uva Moscato Giallo (2150-3461 $\mu\text{g/L}$ e 3575-5920 $\mu\text{g/L}$, respectivamente) acima de seus limites olfativos (3000 $\mu\text{g/L}$ e 500 $\mu\text{g/L}$) (BUESA et al., 2021). O ácido hexanoico também foi encontrado acima do limite de percepção em vinhos elaborados a partir da uva Moscato Branco (8800 $\mu\text{g/L}$). Essa classe de aromas confere aos vinhos e espumantes aromas de queijo, rancidez, mas também de uma nota cítrica no caso do ácido decanoico e uma nota ácida de grama no caso do ácido octanoico. No estudo

de Palomo et al. (2007), ácidos graxos estiveram presentes em níveis acima do limiar de percepção; no entanto, os aromas gordurosos, de queijo ou rançosos não eram percebidos no aroma geral do vinho. Os autores sugeriram então que tais aromas foram sobrepujados por outros aromas mais intensos.

Baseando-se nos quadros, nota-se que a Moscato Branco destaca-se com seus altos teores de ésteres, atribuindo mais aromas frutados do que florais. A Moscato Giallo possui mais compostos voláteis associados com aromas florais, enquanto a Moscato de Alexandria tende a apresentar aromas mais suaves que as uvas Moscato Branco e Giallo, visto que possui menores teores de monoterpenos em relação a elas, porém mostrou-se promissora como uma fonte de C13-norisoprenoides. Essas informações podem contribuir para a elaboração de um *assemblage* de vinhos para a elaboração de espumantes.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho avaliou as diferenças aromáticas entre as uvas Moscato Branco, Moscato de Alexandria e Moscato Giallo. Observou-se a predominância dos monoterpenos, atribuindo aromas florais e frutados, ésteres contribuindo com aromas de frutas tropicais e de flores brancas, aldeídos com aromas herbáceos, álcoois agregando na complexidade com aromas de mel, rosas e herbáceo e negativamente com aromas vegetais e verdes. Já os ácidos contribuem negativamente com aromas que remetem a rancidez, ainda que em pequenas quantidades. Os C13-norisoprenoides contribuem positivamente também em pequenas quantidades com aromas florais especialmente de violetas.

Os aromas encontrados nas uvas Moscato Branco, Moscato Giallo e Moscato de Alexandria incluem notas de frutas cítricas, frutas tropicais, frutas secas e flores, como jasmim e gerânio. Além disso, essas uvas são conhecidas por apresentar uma nota de aroma característica de uvas moscatel, que é descrita como doce, floral e perfumada. Aromas específicos, como os monoterpenos, ésteres e álcoois, podem estar presentes em diferentes graus e em diferentes combinações, contribuindo para a complexidade geral do buquê aromático.

A Moscato Branco contribui com aromas florais, mas principalmente frutados, com notas de pêssigo, lichia, damasco, melão e flor de laranjeira, também podendo adicionar notas de especiarias.

A Moscato Giallo agrega com aromas de frutas tropicais e cítricas, como maracujá, manga e limão, mas principalmente com notas florais de rosa e jasmim e notas especiarias.

A Moscato de Alexandria adiciona aromas frutados e florais, com notas suaves de rosas, violetas e framboesa, além de notas de mel e de especiarias.

Com isso, ao elaborar um espumante deve-se ter em mente que o *terroir* é um fator crucial na produção de vinhos e espumantes, pois influencia diretamente no sabor, aroma e textura da bebida. O solo, clima, altitude e outras características geográficas do *terroir* afetam a composição química das uvas e, conseqüentemente, o perfil organoléptico do produto final. Além disso, a análise química das uvas permite aos enólogos e produtores conhecer as quantidades de açúcares, ácidos, taninos e outros compostos presentes em cada variedade de uva, permitindo que eles possam

criar um *assemblage* equilibrado, que combine as melhores qualidades de cada uva para produzir um espumante de alta qualidade.

Trabalhos futuros podem caracterizar e quantificar os compostos voláteis do mosto, vinho e espumante para estabelecer uma relação mais clara do comportamento desses compostos e suas transformações durante os processamentos da uva até a elaboração do espumante.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEM, Hubert et al. Impact of agronomic practices on grape aroma composition: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 99, n. 3, p. 975-985, 2019.

ALESSANDRINI, Massimiliano et al. Effect of pre-bloom leaf removal on grape aroma composition and wine sensory profile of Semillon cultivar. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 98, n. 5, p. 1674-1684, 2018.

ARAGÓN-GARCÍA, Fátima; RUÍZ-RODRÍGUEZ, Ana; PALMA, Miguel. Changes in the aromatic compounds content in the muscat wines as a result of the application of ultrasound during pre-fermentative maceration. *Foods*, v. 10, n. 7, p. 1462, 2021.

BAYONOVE, C. L., Y. Z. Günata. and R. E. Cordonnier, 1984. Mise en évidence dell'intervention des enzymes dans le développement de l'arôme du jus de muscat avant fermentation: la production des terpènes. *Bulletin de l'O.I.V.* 643-644:741-757.

BELANIC, A., & Agosin, E. (2003). Aroma development in Chilean Sauvignon blanc wines: characterization of free and bound fractions of aroma compounds in wine and grapes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(27), 8036-8043.

BLACK, C. A. et al. Terpenoids and their role in wine flavour: recent advances. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v. 21, p. 582-600, 2015.

BORDIGA, Matteo et al. Characterization of Muscat wines aroma evolution using comprehensive gas chromatography followed by a post-analytic approach to 2D contour plots comparison. *Food Chemistry*, v. 140, n. 1-2, p. 57-67, 2013.

BRASIL. Lei n. 10.970 de 16 de novembro de 2004. Altera dispositivos da Lei n. 7678 de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados de uva e do vinho, e dá outras providências. *DOU: Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 2004.

BUESA, Ignacio et al. Influence of water regime on grape aromatic composition of Muscat of Alexandria in a semiarid climate. *Scientia Horticulturae*, v. 290, p. 110525, 2021.

CAI, Jian et al. Influence of pre-fermentation cold maceration treatment on aroma compounds of Cabernet Sauvignon wines fermented in different industrial scale fermenters. *Food chemistry*, v. 154, p. 217-229, 2014.

CALIARI, Vinícius et al. Effect of the Traditional, Charmat and Asti method production on the volatile composition of Moscato Giallo sparkling wines. *LWT-Food Science and Technology*, v. 61, n. 2, p. 393-400, 2015.

CATANIA, C.; AVAGNINA, S. *La interpretación sensorial del vino*. 1. ed. Mendoza: INTA/Andina Sur, 2010.

CABAROGLU, Turgut et al. Free and bound volatile composition of red wines of *Vitis vinifera* L. cv. Öküzgözü and Bogazkere grown in Turkey. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 53, n. 1, p. 64-68, 2002.

CORDEnte, Antonio G. et al. Flavour-active wine yeasts. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 96, p. 601-618, 2012.

DE BOUBEE, Dominique Roujou. *Research on 2-Methoxy-3-isobutylpyrazine in grapes and wines*. Academie Amorim, Bordeaux, 2003.

DE OVALLE, Stefani; BRENA, Beatriz; GONZÁLEZ-POMBO, Paula. Influence of beta glucosidases from native yeast on the aroma of Muscat and Tannat wines. *Food Chemistry*, v. 346, p. 128899, 2021.

EBELER, Susan E.; THORNGATE, John H. Wine chemistry and flavor: looking into the crystal glass. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 57, n. 18, p. 8098-8108, 2009.

SEAPDR. *Produção de uvas e produtos vitivinícolas elaborados na safra 2022, no Estado do Rio Grande do Sul - resumo geral*. ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DESENVOLVIMENTO RURAL DEPARTAMENTO DE DEFESA VEGETAL DIVISÃO DE INSPEÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202210/26113534-sisdevin-2022-safra-da-uva-e-producao-vitivinicola-resumo-1.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2023.

FAO National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 5366264, Hotrienol. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/hotrienol>. Acesso em: 18 de março de 2023.

FERREIRA, Vicente; LÓPEZ, Ricardo; CACHO, Juan F. Quantitative determination of the odorants of young red wines from different grape varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, n. 11, p. 1659-1667, 2000.

Food safety and quality: details. Disponível em: <<https://www.fao.org/food/food-safety-quality/scientific-advice/jecfa/jecfa-flav/details/en/c/1246/>>. Acesso em: 25 mar. 2023.

Food safety and quality: details. Disponível em: <<https://www.fao.org/food/food-safety-quality/scientific-advice/jecfa/jecfa-flav/details/en/c/1086/>>. Acesso em: 25 mar. 2023

GONZÁLEZ-BARREIRO, Carmen et al. Wine aroma compounds in grapes: A critical review. *Critical reviews in food science and nutrition*, v. 55, n. 2, p. 202-218, 2015.

GUNATA, Y. Z. et al. The aroma of grapes I. Extraction and determination of free and glycosidically bound fractions of some grape aroma components. *Journal of Chromatography A*, v. 331, p. 83-90, 1985.

GUNATA, Y. Ziya et al. Hydrolysis of grape monoterpenyl. beta.-D-glucosides by various. beta.-glucosidases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 38, n. 5, p. 1232-1236, 1990.

GUTIÉRREZ-GAMBOA, Gastón et al. Improvement of wine volatile composition through foliar nitrogen applications to 'Cabernet Sauvignon' grapevines in a warm climate. *Chilean journal of agricultural research*, v. 78, n. 2, p. 216-227, 2018.

JU, Yan-lun et al. Effect of regulated deficit irrigation on fatty acids and their derived volatiles in 'Cabernet Sauvignon' grapes and wines of Ningxia, China. *Food chemistry*, v. 245, p. 667-675, 2018.

KARABAGIAS, I. K.; KARABAGIAS, V. K.; BADEKA, A. V. Volatilome of white wines as an indicator of authenticity and adulteration control using statistical analysis. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v. 27, n. 3, p. 269-279, 2021.

KOSLITZ, Stephan et al. Stereoselective formation of the varietal aroma compound rose oxide during alcoholic fermentation. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 56, n. 4, p. 1371-1375, 2008.

LEI, Yujuan et al. Methoxypyrazines biosynthesis and metabolism in grape: A review. *Food chemistry*, v. 245, p. 1141-1147, 2018.

LOPEZ, Ricardo et al. Impact odorants of different young white wines from the Canary Islands. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, n. 11, p. 3419-3425, 2003.

MAICAS, Sergi; MATEO, José Juan. Hydrolysis of terpenyl glycosides in grape juice and other fruit juices: a review. *Applied microbiology and biotechnology*, v. 67, p. 322-335, 2005.

MARCON, Â. R. et al. Chemical composition and sensory evaluation of wines produced with different Moscato varieties. In: *BIO Web of Conferences*. EDP Sciences, 2019. p. 02033.

MATEO, J. J.; JIMÉNEZ, M. Monoterpenes in grape juice and wines. *Journal of Chromatography A*, v. 881, n. 1-2, p. 557-567, 2000.

MELLO, L. M. R. de; MACHADO, C. A. E. *Vitivinicultura brasileira: panorama 2021*. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, dez. 2022. 17 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 226)

MENDES PINTO, Maria Manuela. Carotenoid breakdown products the—norisoprenoids—in wine aroma. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 483, n. 2, p. 236-245, 2009.

MENDEZ-COSTABEL, M. P. et al. Effect of increased irrigation and additional nitrogen fertilisation on the concentration of green aroma compounds in *Vitis vinifera* L. Merlot fruit and wine. *Australian journal of grape and wine research*, v. 20, n. 1, p. 80-90, 2014.

MENEZES-FILHO, José Evaldo Rodrigues de et al. Nerol attenuates ouabain-induced arrhythmias. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2019, 2019.

National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 5366264, Hotrienol. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hotrienol>. Accessed Mar. 18, 2023.

NICOLLI, Karine P. et al. Characterization of the volatile profile of Brazilian moscatel sparkling wines through solid phase microextraction and gas chromatography. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 26, p. 1411-1430, 2015.

NICOLLI, Karine P. et al. Sensory, olfactometry and comprehensive two-dimensional gas chromatography analyses as appropriate tools to characterize the effects of vine management on wine aroma. *Food chemistry*, v. 243, p. 103-117, 2018.

PALOMO, E. Sánchez et al. Aroma profile of wines from Albillo and Muscat grape varieties at different stages of ripening. *Food control*, v. 18, n. 5, p. 398-403, 2007.

PARDO, Ester et al. De novo production of six key grape aroma monoterpenes by a geraniol synthase-engineered *S. cerevisiae* wine strain. *Microbial cell factories*, v. 14, p. 1-8, 2015.

PARKER, M., Capone, D. L., Francis, I. L., & Herderich, M. J. (2017). Aroma precursors in grapes and wine: Flavor release during wine production and consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(10), 2281-2286.

PEDROSA-LÓPEZ, María del Carmen et al. Effects from the freezing of either whole or crushed grapes on the volatile compounds contents in muscat wines. *Foods*, v. 11, n. 12, p. 1782, 2022.

PERVEEN, Shagufta; AL-TAWHEEL, A. Introductory chapter: Terpenes and terpenoids. *Terpenes and terpenoids*, v. 1, p. 1-12, 2018.

PEREIRA, Giuliano Elias et al. Panorama da produção e mercado nacional de vinhos espumantes. 2020.

PINEAU, Bénédicte et al. Which impact for β -damascenone on red wines aroma?. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 55, n. 10, p. 4103-4108, 2007.

PINILLOS, Virginia et al. Post-veraison regulated deficit irrigation in 'Crimson Seedless' table grape saves water and improves berry skin color. *Agricultural Water Management*, v. 165, p. 181-189, 2016.

POLÁŠKOVÁ, Pavla; HERSZAGE, Julian; EBELER, Susan E. Wine flavor: chemistry in a glass. *Chemical Society Reviews*, v. 37, n. 11, p. 2478-2489, 2008.

POLLON, Matteo et al. Use of density sorting for the selection of aromatic grape berries with different volatile profile. *Food chemistry*, v. 276, p. 562-571, 2019.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y. Handbook of Enology. The Chemistry of Wine. Stabilization and Treatments, 2 nd. 2005. RIBÉREAU-GAYON, Pascal et al. (Ed.). Handbook of enology, Volume 1: The microbiology of wine and vinifications. John Wiley & Sons, 2006a.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. Phenolic compounds. *Handbook of enology*, v. 2, p. 141-203, 2006b.

RIBÉREAU-GAYON, P.; BOIDRON, J. N.; TERRIER, A. Aroma of Muscat grape varieties. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 23, n. 6, p. 1042-1047, 1975.

ROBINSON, Jancis; HARDING, Julia; VOUILAMOZ, Jose. Wine grapes: A complete guide to 1,368 vine varieties. Including Their Origins and Flavours (Ecco/HarperCollins, New York), 2012.

ROUJOU DE BOUBEE, Dominique. Research on 2-methoxy-3-isobutylpyrazine in grapes and wine. Academie Amorim: Paris, France, p. 1-21, 2003.

ROCA, P. STATE OF THE WORLD VINE AND WINE SECTOR INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE. Disponível em: <https://www.oiv.int/sites/default/files/documents/pptpress-conf-2022-4-def_2.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2023.

rose oxide (CHEBI:90075). Disponível em: <<https://www.ebi.ac.uk/chebi/searchId.do?chebiId=CHEBI:90075>>. Acesso em: 25 mar. 2023.

RUIZ, Javier et al. Effects on varietal aromas during wine making: A review of the impact of varietal aromas on the flavor of wine. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 103, p. 7425-7450, 2019.

RUIZ-GARCÍA, Leonor et al. Prediction of Muscat aroma in table grape by analysis of rose oxide. Food Chemistry, v. 154, p. 151-157, 2014.

RYAN, Danielle et al. Analysis of methoxypyrazines in wine using headspace solid phase microextraction with isotope dilution and comprehensive two-dimensional gas chromatography. Journal of separation science, v. 28, n. 9-10, p. 1075-1082, 2005.

RYONA, Imelda et al. Effects of cluster light exposure on 3-isobutyl-2-methoxypyrazine accumulation and degradation patterns in red wine grapes (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Franc). Journal of agricultural and food chemistry, v. 56, n. 22, p. 10838-10846, 2008.

SALES, Adones; FELIPE, Lorena de Oliveira; BICAS, Juliano Lemos. Production, properties, and applications of α -terpineol. Food and bioprocess technology, v. 13, n. 8, p. 1261-1279, 2020.

SASAKI, Kanako et al. Effect of light exposure on linalool biosynthesis and accumulation in grape berries. Bioscience, biotechnology, and biochemistry, v. 80, n. 12, p. 2376-2382, 2016.

SOARES, Rafael Dutra et al. Monitoring the evolution of volatile compounds using gas chromatography during the stages of production of Moscatel sparkling wine. Food Chemistry, v. 183, p. 291-304, 2015.

TONIETTO, Jorge et al. O clima vitícola das regiões produtoras de uvas para vinhos finos do Brasil. 2012.

WATERHOUSE, Andrew L.; SACKS, Gavin L.; JEFFERY, David W. Understanding wine chemistry. John Wiley & Sons, 2016.

VERZERA, Antonella et al. Varietal Aromas of Fortified Wines from Different Moscato Var.(*Vitis vinifera* L.) under the Same Pedoclimatic Conditions. *Foods*, v. 10, n. 11, p. 2549, 2021.

ZEMNI, HassÈNe et al. Aromatic composition of two Muscat grape cultivars cultivated in two different regions of Tunisia. *International journal of fruit science*, v. 7, n. 1, p. 97-112, 2007.