



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS
NÍVEL MESTRADO

Jeferson Kolling

Aplicação de produtos enológicos na etapa pré-fermentativa: influência no
escurecimento e composição fenólica do mosto e vinho Goethe

Florianópolis

2022

Jeferson Kolling

**Aplicação de produtos enológicos na etapa pré-fermentativa: influência no
escurecimento e composição fenólica do mosto e vinho Goethe**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Ciência dos Alimentos da
Universidade Federal de Santa Catarina para a
obtenção do grau de Mestre em Ciência dos
Alimentos
Orientador: Prof^a. Dr^a. Vívian Maria Burin

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de
Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Kolling, Jeferson
APLICAÇÃO DE PRODUTOS ENOLÓGICOS NA ETAPA PRÉ-FERMENTATIVA:
INFLUÊNCIA NO ESCURECIMENTO E COMPOSIÇÃO FENOLÓGICA
DO MOSTO E VINHO GOETHE / Jeferson Kolling;
orientador, Vivian Maria Burin, 2022.
66 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-
Graduação em Ciência dos Alimentos, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Ciência dos Alimentos. 2. glutatona. 3. polifenóis.
4. sulfito. 5. tanino gálico. 6. oxidação. I. Burin,
Vivian Maria. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos
Alimentos. III. Título.

Jeferson Kolling

Aplicação de produtos enológicos na etapa pré-fermentativa: influência no escurecimento e composição fenólica do mosto e vinho Goethe

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.^a Stefany Grützmann Arcari, Dra.
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof.^a Elane Schiwinden Prudêncio, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Isabela Maia Toaldo Fedrigo, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ciência dos Alimentos.

Prof.^a Itaciara Larroza Nunes, Dra.
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof.^a Vívian Maria Burin, Dra.
Orientadora

Florianópolis, 2022.

Dedico ao pequeno Jeferson que
sonhava em ser um cientista.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Augustinho e Veronica, minha irmã Simone, meu sobrinho o pequeno rei Arthur e minha namorada Marcia, que sempre me incentivaram a ir atrás do meu sonho, mesmo ele sendo ser um cientista no Brasil, tarefa essa quase impossível às vezes.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Vivian Maria Burin pela orientação, ensinamentos, paciência e principalmente por não desistir mesmo com o as vezes tortuoso caminho até a conclusão desta dissertação, passando por muitas prorrogações e até uma pandemia.

As colegas de laboratório Bioquímica de Alimentos que também se tornaram amigas, Thalita, Maiara, Trilicia, Luana e Luiza, pelas muitas conversas e momentos de epifania na “*mesa da sabedoria*”, sempre acompanhadas de um café com um toque de canela. E por toda ajuda e ensinamentos dentro e fora do laboratório.

Aos meus amigos do IFSC São Miguel do Oeste, colegas, professores e técnicas de laboratório que me ensinaram muito, sem eles eu talvez não tivesse iniciado essa minha jornada como um cientista, em especial as técnicas de laboratório Ane, Larissa e Fran que em ensinaram muito sobre o dia a dia dos laboratórios, acabei em tornando um rato de laboratório. Também em especial a Prof.^a Dr.^a Stefany Grützmänn Arcari que foi minha orientadora na graduação, por ter visto potencial em mim, acreditar e confiar a mim o HPLC novinho do IFSC.

À minha psicóloga, Melissa, que sem o seu ótimo trabalho, eu não estaria aqui e não teria conseguido lidar com todas as dificuldades que o mestrado e a pandemia combinados criaram e aumentaram.

À Empresa de Pesquisa e Extensão Agropecuária de Santa Catarina-EPAGRI/Urussanga, pela parceria na realização do experimento com ajuda do enólogo Stevan Grützmänn Arcari. As vinícolas do Vales da uva Goethe por doar as uvas e a colega de laboratório Luiza pela ajuda na coleta de amostra.

Aos professores e funcionários deste Programa de Pós-Graduação, pela dedicação e pelos constantes ensinamentos ao longo mestrado.

Muito Obrigado!

“A frase mais excitante que se ouve na ciência, aquela que anuncia novas descobertas, não é ‘Eureka!’, mas sim ‘Mas que engraçado...’”

Isaac Asimov

RESUMO

O processo de vinificação de uvas brancas, principalmente na etapa pré-fermentativa, requer cuidados por serem susceptíveis às reações oxidativas no mosto, que influenciam diretamente na qualidade do vinho. Os sulfitos são os principais produtos enológicos utilizados para prevenir as reações de oxidação, no entanto, a utilização de altas concentrações pode acarretar em efeitos negativos no aroma do vinho, assim como riscos à saúde dos consumidores sensíveis a este composto. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de diferentes produtos enológicos na etapa pré-fermentativa do processo de vinificação da uva Goethe sobre a composição fenólica e o escurecimento do mosto e vinho. Nos experimentos, o mosto da uva Goethe foi dividido em cinco tanques: metabissulfito de potássio 20% (m/v) (controle); metabissulfito de potássio 10 % (m/v); metabissulfito de potássio 10% (m/v) e tanino gálico (20g/hL); metabissulfito 10% (m/v) e glutaciona (20 g/hL); metabissulfito de potássio 10% (m/v), tanino gálico (20 g/hL) e glutaciona (20 g/hL). Após adição dos produtos enológico, amostras dos mostos foram coletadas para as análises. Todos os vinhos foram elaborados por micronivificação. Foram avaliados a atividade da polifenoloxidase, composição fenólica, atividade antioxidante, índice de escurecimento e teor de ácidos orgânicos dos mostos e vinhos. Os resultados deste estudo demonstraram que a redução do sulfito para uma concentração de 10% (m/v) em conjunto com a aplicação da glutaciona e tanino gálico, apresentaram a mesma eficiência para inativar a enzima polifenoloxidase no mosto quando comparado a amostra com adição de metabissulfito de potássio 20% (m/v). Além disto, a adição de glutaciona e tanino gálico também resultaram em menor concentração de *orto*-difenóis, com uma redução de 50% quando comparado ao controle, assim como reduziu o escurecimento do mosto, indicando eficiente proteção contra oxidação. O vinho proveniente de mosto com adição combinada de metabissulfito de potássio, glutaciona e tanino gálico, apresentou maiores teores de polifenóis, como o ácido *trans*-caftárico. O maior teor deste ácido fenólico no vinho pode indicar menor ocorrência de reações oxidativas no mosto, uma vez que é um dos principais substratos da enzima polifenoloxidase. Os resultados demonstraram uma alternativa para a redução da concentração de sulfitos na etapa pré-fermentativa, sendo a sua associação com glutaciona e tanino gálico uma alternativa promissora a ser empregada no processo de vinificação a fim de evitar as reações de oxidação do mosto e vinho.

Palavras-chave: glutaciona; polifenóis; sulfito; tanino gálico; oxidação.

ABSTRACT

The vinification process of white grapes, especially in the pre-fermentation stage, requires attention as they are susceptible to oxidative reactions in the must, which directly influence the quality of the wine. Sulfites are the main oenological products used to prevent oxidation reactions, however, the use of high concentrations can negatively influence the aroma of the wine, it also brings risks to the health of consumers sensitive to this compound. The objective of this work was to evaluate the effect of the addition of different oenological products in the pre-fermentation stage of the Goethe grape vinification process on the phenolic composition and browning of must and wine. The Goethe grape must was divided into five tanks for the experiments: potassium metabisulfite 20% (m/v) (control); 10% (w/v) potassium metabisulfite; 10% potassium metabisulfite (m/v) and gallic tannin (20g/hL); 10% metabisulfite and glutathione (20 g/hL); 10% potassium metabisulfite (w/v), gallic tannin (20 g/hL) and glutathione (20 g/hL). After adding the oenological products, samples of the musts were collected for analysis. All wines were produced by microvinification. The polyphenoloxidase activity, phenolic composition, antioxidant activity, browning index and organic acid content of musts and wines were evaluated. The results of this study indicated that reducing sulfite to a concentration of 10% (m/v) in conjunction with the use of glutathione and gallic tannin, showed the same efficiency to inactivate the polyphenoloxidase enzyme in the must when compared to the sample with addition of 20% potassium metabisulfite (m/v). Furthermore, the addition of glutathione and gallic tannin also resulted in a lower concentration of *ortho*-diphenols, with a reduction of 50% when compared to the control, as well as reducing the browning of the must, indicating efficient protection against oxidation. The wine from must with the combined addition of potassium metabisulfite, glutathione and gallic tannin, showed higher levels of polyphenols, such as *trans*-caftaric acid. The higher content of this phenolic acid in wine may indicate a lower occurrence of oxidative reactions in the must, since it is one of the main substrates of the polyphenoloxidase enzyme. The results demonstrated an alternative for reducing sulfite concentrations in the pre-fermentation stage, and its association with glutathione and gallic tannin is a promising alternative to be used in the winemaking process to prevent must and wine oxidation reactions.

Keywords: glutathione; polyphenols; sulfite; gallic tannin; oxidation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Genealogia da Uva Goethe.....	18
Figura 2 - A uva Goethe.....	19
Figura 3 - Fluxograma geral do processo de vinificação de uva branca.	21
Figura 4 - Principal estilbeno presente em uva e vinho.....	28
Figura 5 - Estrutura química dos principais ácidos hidroxicinâmicos e hidroxibenzoicos presentes nas uvas e vinhos.	30
Figura 6 - Estrutura química básica dos flavonoides.....	31
Figura 7 - Estrutura dos principais flavonoides encontrados em uva e vinho branco.	32
Figura 8 - Reação de escurecimento enzimático no mosto de uva branca.	35
Figura 9 - Esquema da Reação de Fenton.....	36
Figura 10 - Ciclo redox do ferro e cobre na catalisação e oxidação do catecol para produção de quinona e peróxido de hidrogênio.	37
Figura 11 - Índice de escurecimento para amostras de mostos adicionados de diferentes agentes enológicos e respectivos vinhos.	49
Figura 12 – Análise de componentes principais da composição fenólica, atividade antioxidante, índice de escurecimento dos vinhos elaborados com mostos após adição de diferentes agentes enológicos. (A) projeção das variáveis; (B) projeção das amostras de vinho	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análises físico-químicas do mosto da uva Goethe com adição de diferentes agentes enológicos.....	44
Tabela 2 - Parâmetros enológicos dos vinhos elaborados com mostos com adição de diferentes agentes enológicos.....	46
Tabela 3 – Teor de ácidos orgânicos (g/L) em mosto com adição de diferentes agentes enológicos e respectivos vinhos.	47
Tabela 4 – Teor de polifenóis totais, <i>orto</i> -difenóis e atividade antioxidante dos mostos após adição de diferentes agentes enológicos e dos respectivos vinhos.	50
Tabela 5 – Teor de polifenóis individuais nos vinhos provenientes dos tratamentos pré-fermentativos com adição de agentes enológicos.	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA - Atividade antioxidante

ABTS - 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico

ACP – Análise de componente principal

ANOVA - Análise de variância

ATT – Acidez total titulável

DAD – Detector de arranjo de diodos

DO – Denominação de origem

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

GRP – Produto de reação da uva (do inglês: *Grape Reaction Product*)

g – Grama

hL – Hectolitro

HPLC – Cromatografia líquida de alta eficiência (do inglês: *High Performance Liquid Chromatography*)

IG – Indicação geográfica

IP – Indicação de procedência

kg - Quilograma

L – Litro

m/v – Massa sobre volume

m – Metro

mm – Milímetro

mg - Miligrama

mL – Mililitro

min – Minutos

mM – Milimol

nm – Nanômetro

µm – Micrometro

µL – Microlitro

OD – *Orto*-difenóis

OIV - Organização Internacional da Vinha e do Vinho

PPO – Polifenoloxidase

PROGOETHE - Associação dos Produtores de Uva e Vinho Goethe

PT – Polifenóis totais

SO₂ – Dióxido de enxofre

SST – Sólidos solúveis totais

rpm – Rotações por minuto

Trolox - Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-ácido carboxílico

U – Atividade enzimática

UV – Luz ultravioleta

Vis – Luz visível

v/v – Volume sobre volume

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos específicos.....	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1	A UVA GOETHE.....	18
2.2	PROCESSO DE VINIFICAÇÃO	21
2.2.1	Produtos enológicos.....	23
2.3	PRINCIPAIS COMPOSTOS DA UVA E DO VINHO BRANCO	25
2.3.1	Açúcar	25
2.3.2	Álcoois	26
2.3.3	Ácidos Orgânicos.....	26
2.3.4	Compostos fenólicos	27
2.3.4.1	<i>Estilbenos.....</i>	28
2.3.4.2	<i>Ácidos fenólicos.....</i>	29
2.3.4.3	<i>Flavonoides.....</i>	31
2.4	OXIDAÇÃO DO MOSTO E VINHO BRANCO	33
2.4.1	Oxidação enzimática	34
2.4.2	Oxidação química.....	36
3	MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1	REAGENTES	38
3.2	AMOSTRA.....	38
3.3	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	39
3.4	ANÁLISES ESPECTROFOTOMÉTRICAS	39
3.4.1	Polifenóis totais.....	40
3.4.2	O-difenóis.....	40

3.4.3	Atividade antioxidante	40
3.4.4	Índice de escurecimento.....	40
3.4.5	Atividade enzimática catecolase.....	40
3.5	ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS	41
3.5.1	Ácidos orgânicos	41
3.5.2	Compostos fenólicos individuais	42
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1	PARÂMETROS CLÁSSICOS DO MOSTO E VINHO.....	44
4.2	INFLUÊNCIA DOS AGENTES ENOLÓGICOS NA OXIDAÇÃO DO MOSTO E DO VINHO	48
4.3	INFLUÊNCIA DOS AGENTES ENOLÓGICOS NO PERFIL FENÓLICO DO VINHO.....	52
4.4	ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	55
5	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

A uva Goethe tornou-se típica da Região de Urussanga no Sul do Estado de Santa Catarina, apresentando história, especificidade de produção e tipicidade no vinho produzido. A elaboração de vinhos Goethe na região dos Vales da Uva Goethe, apresenta impacto sócio econômico importante nesta região. Com a busca por elaborar vinhos de qualidade, tipicidade e identidade, a Associação dos Produtores de Uva e Vinho Goethe (PROGOETHE) conquistou em 2012 o registro de Indicação Geográfica “Vales da Uva Goethe”, um reconhecimento dos vinhos elaborados agregando valor para este produto (PROGOETHE, 2019).

A vinificação da uva branca, como a uva Goethe, para a elaboração de vinhos requer cuidados em diversas etapas do processo, uma vez que a vinificação de uvas brancas necessita de maiores cuidados para minimizar alterações indesejadas, principalmente em função da oxidação, que pode iniciar na obtenção do mosto e se estender até o armazenamento do vinho em garrafa (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006a). Durante a vinificação de vinhos brancos, o escurecimento de mosto e vinho pode ser proveniente de duas reações principais, a oxidação enzimática e a não enzimática, também denominada de oxidação química. A oxidação enzimática prevalece nas etapas pré-fermentativas em que o escurecimento do mosto ocorre principalmente em função da enzima polifenoloxidase, que oxida os compostos fenólicos gerando produtos de coloração marrom. Na oxidação química, os principais agentes são os íons metálicos de ferro e cobre, ambos envolvidos em reações de troca de elétrons que acabam promovendo o escurecimento. Este tipo de reação prevalece no vinho, principalmente durante o armazenamento em garrafa (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

A oxidação enzimática ocorre nas etapas iniciais do processo de vinificação quando há o rompimento da baga para obtenção do mosto. Neste momento do processo, a enzima polifenoloxidase entra em contato com o oxigênio, e na presença de compostos fenólicos, principalmente dos ácidos hidroxicinâmicos como o ácido caftárico, acarreta no escurecimento do meio. Nesta reação, os polifenóis são transformados em *o*-difenois seguido de *o*-quinonas, que então originam polímeros escuros (LI; GUO; WANG, 2008).

Cabe destacar que junto com o escurecimento do vinho pode ocorrer também a diminuição da concentração dos compostos fenólicos, já que os mesmos

são os principais substratos das reações de oxidação enzimática. Os polifenóis são importantes compostos presentes nas uvas e são essenciais para a qualidade dos vinhos, uma vez que são responsáveis pelas características de cor, sabor e adstringência (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; ROBICHAUD; NOBLE, 1990; VALLY *et al.*, 2009).

Em função da sensibilidade do vinho branco às reações de oxidação e consequente escurecimento, é necessário a aplicação de produtos enológicos para minimizar as reações oxidativas, principalmente as enzimáticas, que ocorrem no mosto da uva. O principal produto utilizado é o sulfito que além de apresentar ação no controle microbiológico, é efetivo na redução do escurecimento desde as etapas iniciais da vinificação. Entretanto, estudos têm demonstrado que o uso de altas concentrações de sulfito no mosto pode apresentar potencial efeito negativo no aroma do vinho. Assim como, pesquisas apontam que o consumo de sulfitos em excesso pode desencadear severas reações alérgicas em pessoas que apresentam sensibilidade (GUERRERO; CANTOS-VILLAR, 2014; VALLY *et al.*, 2009).

Com base nisto, pesquisas vêm sendo realizadas em busca de novas tecnologias alternativas para minimizar o desenvolvimento de reações oxidativas no mosto (FERRER-GALLEGO *et al.*, 2017; MARCHANTE *et al.*, 2019; SONNI *et al.*, 2009; SONNI *et al.*, 2011a), e consequente escurecimento do vinho, sem alterar a composição química e a qualidade do vinho branco (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006a; VIGNAULT *et al.*, 2018). Até o momento, não há estudos na literatura sobre o efeito da aplicação de diferentes produtos enológicos no mosto da uva Goethe e a influência na oxidação do mosto e vinho. Assim, esta pesquisa visa disponibilizar novas alternativas de vinificação que apresentem impactos positivos na composição dos vinhos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência da adição de diferentes produtos enológicos, visando a redução do teor de sulfitos na etapa pré-fermentativa do processo de vinificação da uva Goethe, sobre a composição do mosto e do vinho.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da utilização dos produtos enológicos, metabissulfito de potássio, glutathione e tanino gálico na etapa pré-fermentativa, em relação à inibição da atividade da enzima polifenoloxidase no mosto e índice de escurecimento;
- Determinar o efeito dos tratamentos pré-fermentativos na composição fenólica, capacidade antioxidante e escurecimento do vinho;
- Avaliar o impacto da redução da concentração de sulfito adicionado no mosto e o efeito da associação de uma menor concentração de sulfito com tanino gálico e glutathione quanto à prevenção da oxidação do mosto e consequente escurecimento do vinho;
- Disponibilizar uma possível alternativa a ser aplicada durante o processo de vinificação a fim de reduzir o teor de sulfitos nos vinhos brancos.

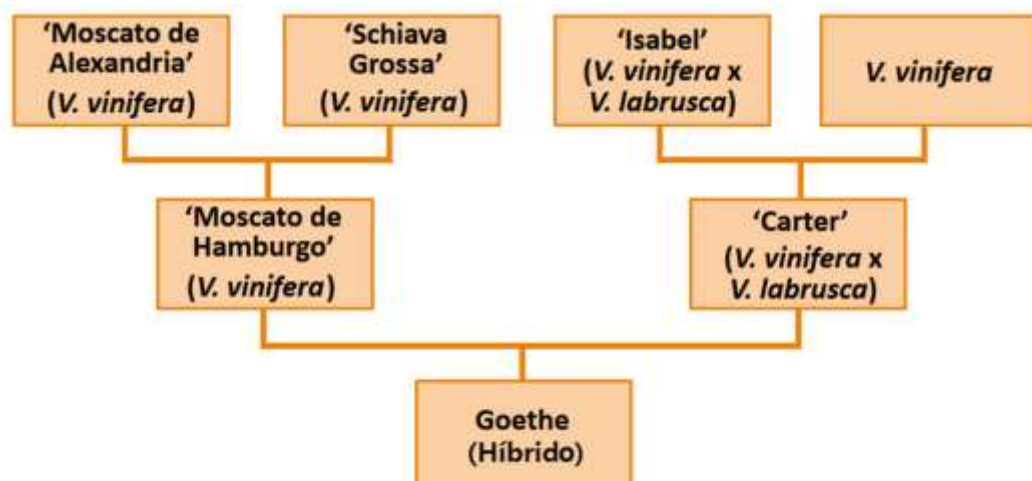
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A UVA GOETHE

A uva Goethe chegou ao Brasil em 1890 com Benedito Marengo, logo após foi levada para Urussanga no início do século 20 por Giuseppe Caruso MacDonald, onde se estabeleceu a produção das videiras desde então. A variedade Goethe teve boa aceitação na região de Urussanga, principalmente pela adaptação às condições edafoclimáticas, especialmente ao verão quente característico da região Carbonífera (BRUNA *et al.*, 2016; HASSE, 2011). A região denominada Carbonífera localiza-se no sul do estado de Santa Catarina e engloba os municípios de Urussanga, Pedras Grandes, Braço do Norte, Nova Veneza e Morro da Fumaça. Os vinhos produzidos nesta região se diferenciam das demais regiões vitivinícolas do estado uma vez que são elaborados com a uva Goethe, cultivada somente nesta região de Santa Catarina (BRUNA *et al.*, 2016; MARIOT, 2003).

Segundo o *Vitis International Variety Catalogue* (VIVC, 2019), a variedade Goethe é uma uva híbrida oriunda do cruzamento entre as cultivares Moscatel de Hamburgo (*Vitis vinifera*) e a Carter (híbrido) (Figura 1). Inicialmente esta variedade era conhecida como Roger's 1, devido ao seu criador Edward Stanniford Roger, com origem nos Estados Unidos da América. O registro mais antigo desta variedade está em um catálogo de plantas de 1862, em Harling, Massachusetts, EUA (BRUNA *et al.*, 2016; MARIOT, 2003).

Figura 1 - Genealogia da Uva Goethe.



Fonte: Bruna *et al.* (2016).

A uva Goethe é caracterizada por apresentar cachos pequenos com bagas grandes. Esta uva apresenta diferentes clones que possuem coloração distinta das bagas e tamanho do cacho, como por exemplo a uva Goethe Clássica que possui uma coloração mais rosada enquanto a uva Goethe Primo a coloração da baga é branca com bagas e cachos maiores do que a Clássica (Figura 2). Como característica comum entre os clones, a casca apresenta pouca espessura o que acarreta em maior sensibilidade a ocorrência de danos físicos. A Goethe Clássica foi o cultivar originalmente introduzido no estado, enquanto a Goethe Primo foi originada de seleções e mutagênicas do cultivar Goethe Clássica e então foi logo difundida na região mostrando boa adaptação às condições edafoclimáticas (BRUNA *et al.*, 2016).

Figura 2 - A uva Goethe.



Fonte: PROGOETHE [200?]

São poucos os estudos disponíveis na literatura sobre a composição química e sensorial da uva e do vinho Goethe, porém alguns pesquisadores ao avaliar o vinho elaborado com esta variedade, afirmam haver um grande potencial para elaboração de vinhos de qualidade, marcado por suas características peculiares de sabor e aroma (ARCARI *et al.*, 2013; CALIARI *et al.*, 2014; FERREIRA-LIMA *et al.*, 2013). Pesquisa realizada por Cagliari e colaboradores (2014) que avaliaram o perfil aromático de espumantes elaborados com diferentes variedades de uvas, *V. labrusca* e *V. vinífera*, utilizando o método tradicional, observaram que os espumantes elaborados com a uva Goethe apresentaram características aromáticas próximas ao dos espumantes elaborados com variedades *V. vinífera*. Essa

característica pode ser atribuída ao fato de a uva Goethe apresentar aproximadamente 87,5% de genes *Vitis vinífera* (PROGOETHE, 2019).

As peculiaridades e características distinguíveis da uva e do vinho Goethe produzidos na região Carbonífera, associadas à sua importância para a região e para os produtores, impulsionou a criação da Associação dos Produtores de Uva e Vinho Goethe (PROGOETHE) em 2005. O intuito foi promover a imagem e reconhecimento da uva e do vinho Goethe proveniente desta região, que em 2012 recebeu a concessão do registro de Indicação de Procedência (IP) “Vales da Uva Goethe”, do Instituto Nacional de Procedência Industrial (INPI), sendo a primeira Indicação Geográfica (IG) do estado de Santa Catarina (BRUNA *et al.*, 2016).

A IG é um selo de reconhecimento dado a um produto ou serviço, referente a um país, cidade ou região. Em relação aos vinhos, a IG indica que a região conseguiu se estabelecer, como uma boa produtora de vinho, que por sua vez apresenta um produto com uma qualidade e ou característica do produto conectado a região, as pessoas e as uvas coletas. Este selo denota o reconhecimento da qualidade, tipicidade e identidade dos vinhos. Esta qualidade e identidade comprovada resultaram no reconhecimento dos vinhos Goethe pelo seu *terroir*, o qual está atrelado à intrínseca relação entre as características do vinho, as condições de solo e clima encontrados nesta região. Para os produtores do Vale, a obtenção da IG resulta em um aumento no desenvolvimento socioeconômico, devido ao valor agregado, que acaba gerando empregos e movimentando a economia da região (PROGOETHE, 2019).

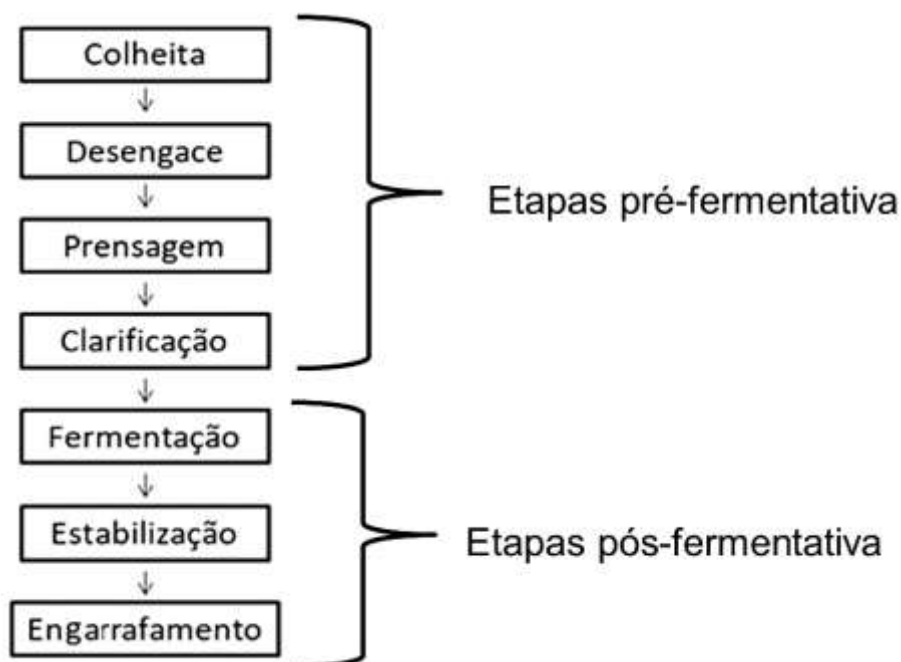
A vitivinicultura mundial reconhece centenas de IG como patrimônio coletivo das regiões e países que as consolidaram (TONIETTO, 2002). No Brasil, existem duas modalidades de Indicação Geográfica: a Indicação de Procedência (IP) e a Denominação de Origem (DO). A IP se aplica às regiões que se tornaram reconhecidas na produção de vinhos, sendo este o selo atualmente utilizado pelos vinhos Goethe. Utilizada tanto de reconhecimento da qualidade do vinho como também de início para obtenção da denominação de origem (EMBRAPA, 2022; OIV, 2015). Na DO os vinhos apresentam qualidades ou características que se devem essencialmente ao meio geográfico, incluídos os fatores naturais e os fatores humanos contribuindo para a qualidade e tipicidade do vinho elaborado (OIV, 2015). A denominação de origem requer estudos científicos que embasem o aspecto único

do produto, como características naturais homogêneas de solo, clima, variedade plantada como também padrões de elaboração do produto.

2.2 PROCESSO DE VINIFICAÇÃO

A transformação da uva madura em vinho é realizada pelo processo de vinificação, marcado por um conjunto de etapas pré-fermentativas que inicia com a colheita da uva, até o processo de fermentação alcoólica e/ou fermentação malolática (Figura 3) (RIBERÉAU-GAYON *et al.*, 2006a).

Figura 3 - Fluxograma geral do processo de vinificação de uva branca.



Fonte: Adaptado de Jackson (2008).

A colheita de uvas brancas para vinificação requer cuidados extremos, uma vez que são mais suscetíveis às reações de oxidação que acarretam no escurecimento e diminuição da concentração de polifenóis, que são os principais substratos desta reação. Em especial destaca-se a uva Goethe que apresenta bastante sensibilidade quando madura (ARCARI, 2021). Na colheita, as uvas devem estar saudáveis e apresentar maturidade tecnológica uniforme (teor de açúcar, acidez, pH). Recomenda-se que a colheita de uvas brancas seja realizada nas

primeiras horas do dia ou então no período noturno, a fim de evitar temperaturas maiores que 20 °C (RIBERÉAU-GAYON *et al.*, 2006a).

No processo de vinificação de vinhos brancos deve-se otimizar a fase pré-fermentativa de obtenção do mosto, a fim de que a migração de compostos das partes sólidas da uva, casca e semente, para o mosto durante a prensagem, seja realizada em curto período de tempo para minimizar as reações que acarretam no escurecimento do mosto. Além disto, nesta etapa também são adicionados diferentes produtos enológicos, com destaque para o sulfito, com o intuito de inibir a ação enzimática da polifenoloxidase (PPO) no mosto e preservar a composição fenólica e volátil da uva e conseqüentemente do vinho (CHEYNIER *et al.*, 1990). Além da aplicação de sulfitos existem outros métodos que também podem ser aplicados para minimizar o escurecimento, como o resfriamento das uvas e do mosto (ARCARI, 2021; RIBERÉAU-GAYON *et al.*, 2006a). No entanto, este curto tempo de prensagem acarreta em redução de alguns precursores de aromas varietais que migram da casca para o mosto (DES GACHONS; TOMINAGA; DUBOURDIEU, 2002). Assim, para que os aromas varietais estejam presentes no vinho branco, utiliza-se uma prensa pneumática para a obtenção do mosto, o que auxilia no processo de extração de compostos da uva em curto período de tempo (JACKSON, 2008).

Após ser extraído, o mosto da uva possui uma aparência turva devido às diversas partículas em suspensão como resíduos insolúveis, fragmentos da película, da ráquis e da polpa, entre outros. A clarificação do mosto consiste na remoção de todo esse material suspenso presente no meio, que não é de interesse para a etapa de fermentação e elaboração do vinho. Esse material é removido inicialmente por precipitação por meio da adição de agentes clarificantes como a bentonita, que propiciam a floculação e precipitação dos materiais em suspensão, o qual é removido por trasfegas. Entretanto, esta etapa também acaba por diminuir o teor de compostos fenólicos e ácidos orgânicos que são importantes para composição do vinho (JACKSON, 2008; RIBERÉAU-GAYON *et al.*, 2006b).

O mosto clarificado é então submetido à fermentação alcoólica pela ação de leveduras, sendo a *Saccharomyces cerevisiae* a mais utilizada. A fermentação de vinhos brancos é marcada por haver mínimo ou nenhum contato do mosto com os sólidos da uva (casca e semente). Este fato apresenta como consequência uma menor extração dos polifenóis presentes na casca e semente para o mosto, quando

comparado com os vinhos tintos, que apresentam maior tempo de maceração. O contato limitado do mosto com a casca nas etapas pré-fermentativas possibilita a elaboração de vinho branco com uvas tintas, desde que seja elaborado sem a etapa de maceração (RIBERÉAU-GAYON *et al.*, 2006a; 2006b). A fermentação alcoólica do mosto ocorre em tanques, e diversos fatores influenciam no tempo de fermentação e na qualidade do vinho, como as características do mosto utilizado, concentração de açúcares e de nitrogênios assimiláveis, turbidez, as cepas de leveduras, a temperatura de fermentação e aeração. A avaliação da densidade do mosto é realizada diariamente para monitorar a concentração de açúcares do meio, sendo utilizada como um indicativo de término do processo fermentativo (JACKSON, 2008; RIBERÉAU-GAYON *et al.*, 2006b). Para vinhos Goethe elaborados nos Vales da Uva Goethe, considera-se ideal que o vinho finalize o processo com menos de 1g/L de açúcares residuais (ARCARI, 2021).

Após finalizar a etapa de fermentação, o vinho ainda necessita passar por etapas de trasfegas para remover materiais insolúveis ainda presentes, denominados de borras. Após faz-se a estabilização tartárica do vinho, realizada a frio, para atingir a qualidade desejada de aroma e sabor, e após os vinhos são engarrafados (RIBERÉAU-GAYON *et al.*, 2006b).

2.2.1 Produtos enológicos

Os agentes enológicos são produtos utilizados em diferentes etapas da vinificação, que apresentam diferentes funções como, prevenir a oxidação, evitar a contaminação por microrganismos, clarificação, maximizar a extração dos compostos da uva, prevenir a perda de coloração, entre outros efeitos. Dentre os agentes enológicos amplamente utilizados no mosto e no vinho destaca-se o metabissulfito de potássio, que pode ser aplicado desde o momento do desengace, maceração até no produto acabado antes do engarrafamento (RIBERÉAU-GAYON, *et al.*, 2006b). Os sulfitos são largamente utilizados na vinificação devido a uma gama de ações, dentre elas proteção frente as reações oxidativas, principalmente no mosto, uma vez que os sulfitos são potentes inibidores da PPO, o que justifica sua aplicação nas etapas pré-fermentativas. Além disto, apresentam ação contra o desenvolvimento de microrganismos contaminantes no meio por isso também é adicionado no vinho antes do engarrafamento (RIBERÉAU-GAYON, *et al.*, 2006b;

GUERRERO; CANTOS-VILLAR, 2014). Tanto a legislação internacional (OIV, 2019) como a brasileira (BRASIL, 2016) preconizam valores máximos de sulfito que podem estar presentes no vinho branco para consumo, sendo 200 mg/L a 300 mg/L, respectivamente.

Cabe ressaltar que embora o dióxido de enxofre seja um eficiente agente de proteção da oxidação, alguns consumidores são sensíveis ao consumo desta substância, e apresentam dentre outros sintomas, reações alérgicas (CLARK; PRENZLER; SCOLLARY, 2003; SONNI *et al.*, 2011b). Desta forma, nos últimos anos os vitivinicultores sentiram a necessidade de buscar alternativas para reduzir a utilização de sulfito no vinho (WEBBER *et al.*, 2017; GIACOSA *et al.*, 2019). Embora a eliminação total do sulfito não seja viável no processo tradicional de vinificação, evidências científicas e tecnológicas confirmam a possibilidade de reduzir significativamente seu uso nas etapas pré-fermentativas (WEBBER *et al.*, 2014). Sendo assim novas substâncias que possam ser utilizadas como antioxidantes são alvos de diversos estudos (SONNI *et al.*, 2011b; GIACOSA *et al.*, 2019).

Dentre outros produtos enológicos que também podem ser utilizados durante o processo de vinificação, estão a glutatona associada a leveduras inativadas com substrato para fermentação e os taninos enológicos (SONNI *et al.*, 2009; PASTOR *et al.*, 2015). Produtos enológicos como leveduras inativas com adição de glutatona, apresentam potencial de reduzir a oxidação do mosto, devido à ação da glutatona na sequência de reações catalisadas pela PPO com formação do GRP (*Grape Reaction Product*) (Li *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2011). Estudos avaliaram a adição de glutatona em vinho (WEBBER *et al.*, 2017), e os resultados apresentaram um menor índice de escurecimento do vinho com a adição de glutatona, e menores concentrações de acetaldeídos. Outros pesquisadores observaram que a presença de glutatona no meio também reduziu a diminuição da concentração dos compostos aromáticos durante o envelhecimento do vinho (TOMASEVIC *et al.*, 2017). A adição de glutatona em conjunto com outro antioxidante, como o ácido ascórbico, apresentou uma maior proteção contra as reações oxidativas, com a glutatona sendo capaz de minimizar a degradação do ácido ascórbico (SONNI *et al.*, 2011b).

Cabe ressaltar que há poucos estudos que avaliam a adição de glutatona no mosto da uva e os efeitos acarretados na composição do vinho, a maioria dos trabalhos avalia a aplicação de glutatona após a fermentação alcoólica ou em solução modelo de vinho (SONNI *et al.*, 2011b; TOMASEVIC *et al.*, 2017; WEBBER

et al., 2017). A Legislação brasileira não faz alusão à adição de glutathione em vinho, no entanto, a OIV preconiza o teor de glutathione no vinho, uma concentração final máxima de 20 mg/L.

Os taninos enológicos, são compostos fenólicos extraídos de uma única espécie botânica ou de uma mistura de espécies, incluindo aqueles da uva e do carvalho, entre outros. Podem ser classificados dependendo da origem botânica em dois grupos: taninos hidrolisados provenientes principalmente do carvalho (tanino gálico e tanino elágico) e taninos condensados que são provenientes da uva (HASLAM, 2007). Pesquisadores observaram que os taninos hidrolisados apresentam distinguida capacidade antioxidante, possivelmente devido a sua estrutura química ser rica em derivados do ácido gálico que apresentam efetiva ação quelante (HAGERMAN *et al.*, 1998). Pesquisas foram realizadas para investigar a utilização de tanino gálico no mosto sem adição de sulfito para prevenir a oxidação de compostos voláteis no vinho (SONNI *et al.*, 2009; SONNI *et al.*, 2011a), mas ainda não há dados da literatura relacionando com o efeito na composição fenólica do mosto e vinho Goethe.

2.3 PRINCIPAIS COMPOSTOS DA UVA E DO VINHO BRANCO

2.3.1 Açúcar

Os açúcares são produzidos durante a fotossíntese nos vegetais, sendo que em uvas os principais açúcares são glicose e frutose, geralmente monitoradas pelo teor de sólidos solúveis totais (°Brix). A concentração dos mesmos varia conforme o grau de maturação, a variedade da uva e a sanidade. A sacarose é pouco encontrada nas variedades de uva *V. vinifera*, com maior concentração em variedades *V. labrusca* e híbridas. Os açúcares são fundamentais para o processo de vinificação, sendo a fonte para produção de álcool, gás carbônico e outros subprodutos, pelas leveduras durante a fermentação alcoólica (JACKSON, 2008; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

Os carboidratos presentes na uva podem participar de reações bioquímicas envolvendo enzimas como as pectinases e as celulases, que originam como produtos, diferentes frações de carboidratos. A adição de enzimas é uma prática comum durante o processo de elaboração de vinho, sendo que na vinificação de

vinhos brancos é amplamente utilizada na etapa pré-fermentativa a enzima pectinase no mosto para clarificar o meio antes de inocular a levedura. Os açúcares também impactam no perfil dos ácidos orgânicos do vinho, uma vez que a glicose e outros açúcares são precursores das reações de biossíntese de ácidos orgânicos, como os ácidos málico, cítrico e succínico (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; RIBERÉAU-GAYON *et al.*, 2006b).

2.3.2 Álcoois

Dentre os álcoois presentes no vinho, o álcool etílico é o mais abundante, sendo a segunda substância em maior teor no vinho após a água. O teor de etanol tem grande impacto no vinho, pois pode interferir tanto nas propriedades físicas, químicas e sensoriais dos vinhos, como na viscosidade, sabor, acidez, aroma e estabilidade. Além disso, o etanol reduz a perda de aromas pela volatilização, e auxilia na dissolução dos mesmos durante a fermentação (JACKSON, 2008; RIBERÉAU-GAYON *et al.*, 2006b).

Alguns fatores influenciam na produção de etanol pelas leveduras, como o teor de oxigênio disponível e os açúcares disponíveis no mosto. A interrupção da síntese de etanol no meio ocorre principalmente pelo fato da maioria das leveduras serem inibidas pelo álcool, principalmente a níveis acima de 14% (v/v) (JACKSON, 2008).

Além do etanol, também podem ser encontrados os álcoois superiores no vinho, que consiste de álcoois com mais de dois carbonos. Mesmo com essas substâncias estando em concentrações baixas em relação ao etanol, elas podem influenciar nas características sensoriais do vinho branco. A formação desses compostos está condicionada a algumas variáveis, como a espécie da levedura, a quantidade de açúcar, temperatura, pH, disponibilidade de nitrogênio no meio, nível de aeração do mosto, variedade da uva e tempo de exposição com a casca (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

2.3.3 Ácidos Orgânicos

O vinho é uma mistura complexa de ácidos orgânicos, como aqueles provenientes da uva como os ácidos tartárico, málico e cítrico, ou originados durante

o processo de fermentação, como os ácidos láctico, succínico, pirúvico e acético (RIBERÉAU-GAYON *et al.*, 2006b; TOSI *et al.*, 2012).

Nas uvas o ácido orgânico majoritário é o ácido tartárico seguido do málico. A evolução da concentração dos mesmos é utilizada para avaliar o processo de maturação das uvas (MATO *et al.*, 2007). Durante a etapa de maturação o ácido málico apresenta diminuição da concentração enquanto que a concentração de ácido tartárico não declina de forma intensa. O monitoramento da evolução do teor de ácido tartárico e málico durante a maturação é um importante parâmetro de qualidade da uva, sendo amplamente utilizada a razão ácido tartárico/ácido málico como um indicativo do grau de maturação da uva, contribuindo para definir o momento de sua colheita (PALMA; BARROSO, 2002).

Os ácidos orgânicos impactam na acidez, estabilidade da cor e também na conservação dos vinhos. A diminuição da acidez do vinho pode acarretar em alterações de brilho, aroma e sabor, além disso, o vinho se torna mais vulnerável a contaminação por microrganismos. Assim, vinhos de qualidade devem apresentar um equilíbrio da acidez e conseqüente balanço no teor dos ácidos orgânicos (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; RIBERÉAU-GAYON *et al.*, 2006b).

2.3.4 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são a principal fonte de antioxidantes presentes na natureza, esse grupo engloba uma grande variedade de substâncias caracterizadas por uma estrutura química composta de um anel aromático ligado a um ou mais grupos hidroxila (BOROSKI *et al.*, 2015; JACKSON, 2008). Os compostos fenólicos são oriundos do metabolismo secundário da planta, principalmente via ácido chiquímico e ácido melavônico. Na videira, a síntese de substâncias fenólicas ocorre principalmente em resposta ao metabolismo de defesa frente a condições adversas ou de estresse da planta, como ao ataque de fungos, radiação ultravioleta, variações de temperatura, déficit hídrico, entre outros fatores. (RIBERÉAU-GAYON *et al.*, 2006b).

Nas uvas, os fenólicos estão localizados principalmente na casca e semente e em menores concentrações na polpa. Sua concentração varia em função de diversos fatores como espécie e variedade de uva, tratos culturais, estágio de maturação e com as condições edafoclimáticas do local de cultivo (RIBERÉAU-

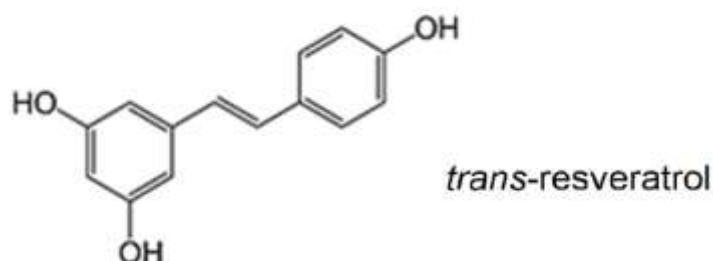
GAYON *et al.*, 2006b). Estas substâncias exercem um papel fundamental nos vinhos, por impactarem diretamente nas suas características de cor, aroma e sabor, assim como na diferenciação de vinhos brancos e tintos, uma vez que os tintos apresentam maior concentração de polifenóis (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b). Devido à diversidade e a complexidade dos grupos de compostos fenólicos presentes nas uvas, com a utilização de métodos cromatográficos é possível determinar os biomarcadores fenólicos que caracterizam uma variedade de uva (GARRIDO; BORGES, 2013).

Diferentes classes de compostos fenólicos já foram elucidadas e identificadas em uvas e vinhos, como os estilbenos, ácidos fenólicos e flavonoides.

2.3.4.1 Estilbenos

Os estilbenos apresentam na estrutura química dois anéis aromáticos ligados por um etano (Figura 4). São encontrados principalmente na casca da uva, em maior concentração na uva tinta, podem ser biossintetizados pela videira como resposta defensiva ao estresse causado por radiação UV e infecções microbiológicas (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009). Na uva o estilbeno presente em maior concentração é o *trans*-resveratrol, que tem sido alvo de pesquisas tanto por sua ação de defesa na planta, como também pela atividade antioxidante e a capacidade de inibir a carcinogênese em vários estágios que apresenta *in vivo* (BAUR; SINCLAIR, 2006; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b).

Figura 4 - Principal estilbeno presente em uva e vinho.



Fonte: Adaptado de Ribéreau-Gayon *et al.* (2006b).

No vinho, o resveratrol pode estar presente sob duas formas isoméricas, *cis* e *trans*, no entanto nas uvas a forma *cis*-resveratrol é pouco encontrada. Além

disto, o resveratrol também pode estar combinado com glicosídeos, denominado de piceid ou pode ainda ocorrer em formas oligoméricas e poliméricas chamadas de viniferinas, que são formadas a partir da polimerização oxidativa dos monômeros de resveratrol (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009). Como o resveratrol está presente principalmente na casca da uva, o método de vinificação define a concentração deste composto no vinho. Assim, vinhos tintos normalmente apresentam maiores concentrações de resveratrol quando comparado aos vinhos brancos, devido ao maior tempo de maceração do mosto com a casca (GARRIDO; BORGES, 2013).

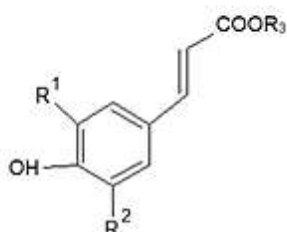
2.3.4.2 Ácidos fenólicos

Os ácidos fenólicos na uva são encontrados principalmente na casca, sendo de fácil extração na etapa de prensagem para obtenção do mosto. Estruturalmente, os ácidos fenólicos tem como base uma estrutura formada por um anel aromático, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos metoxila e/ou hidroxila (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; JACKSON, 2008).

Os ácidos fenólicos compreendem dois grupos, os derivados do ácido hidroxicinâmico e do ácido hidroxibenzoico (Figura 5).

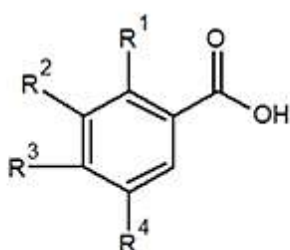
Figura 5 - Estrutura química dos principais ácidos hidroxicinâmicos e hidroxibenzoicos presentes nas uvas e vinhos.

Ácidos hidroxicinâmicos



$R_1 = H$	$R_2 = H$	$R_3 = H$	Ácido <i>p</i> -cumárico
$R_1 = OH$	$R_2 = H$	$R_3 = H$	Ácido Cafeico
$R_1 = OCH_3$	$R_2 = H$	$R_3 = H$	Ácido Ferúlico
$R_1 = OH$	$R_2 = H$	$R_3 = \text{ác. tartárico}$	Ácido Caftárico

Ácidos hidroxibenzoicos



$R_1 = OH$	$R_2 = H$	$R_3 = OH$	$R_4 = H$	Ácido <i>p</i> -hidroxibenzoico
$R_1 = H$	$R_2 = OH$	$R_3 = OH$	$R_4 = H$	Ácido protocateico
$R_1 = H$	$R_2 = OH$	$R_3 = OH$	$R_4 = OH$	Ácido gálico
$R_1 = H$	$R_2 = OCH_3$	$R_3 = OH$	$R_4 = OCH_3$	Ácido siríngico
$R_1 = H$	$R_2 = OCH_3$	$R_3 = OH$	$R_4 = H$	Ácido vanílico

Fonte: Adaptado de Moreno-Arribas e Polo (2009).

Os ácidos hidroxicinâmicos possuem nove átomos de carbono (C6–C3), sendo o anel aromático ligado a uma cadeia de três carbonos. Dentre os ácidos desta classe, estão presentes nas uvas e vinhos em maior concentração os ácidos *p*-cumárico, cafeico e caftárico (Figura 5), principalmente na forma de éster do ácido tartárico (BUIARELLI *et al.*, 2010). Nas uvas brancas, os ácidos hidroxicinâmicos são os principais substratos das reações de escurecimento enzimático (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006a). Dentre estes compostos, o ácido caftárico, além de ser o composto desta classe mais abundante na uva branca, também é o principal substrato da enzima polifenoloxidase. (CHEYNIER *et al.*, 1990).

Um estudo realizado por Cheynier e colaboradores (1990), analisou a relação do escurecimento do mosto com o comportamento dos compostos fenólicos durante a reação de oxidação, e os autores observaram que a susceptibilidade ao escurecimento dos mostos de uvas brancas foi essencialmente relacionada à concentração inicial de ácidos hidroxicinâmicos. Essa correlação também foi evidenciada em outros estudos realizados com vinhos brancos, que demonstraram uma relação proporcional do aumento da concentração dos ácidos fenólicos, com o

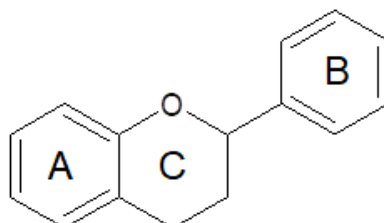
aumento da concentração de hidroxilas (MÁRQUEZ *et al.*, 2019; WATERHOUSE; LAURIE, 2006).

Os ácidos fenólicos derivados do hidroxibenzoico apresentam na sua estrutura química sete carbonos (C6-C1), sendo o anel aromático ligado a um grupamento carboxílico (Figura 5). Os principais ácidos desta classe presentes em uva e vinho são os ácidos gálico, vanílico, siríngico, *p*-hidroxibenzoico e protocateico (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; SOARES; ANDREAZZA; SALVADOR, 2003), sendo o ácido gálico apontado como um dos mais importantes por ser precursor dos taninos hidrolisáveis (GARRIDO; BORGES, 2013). Os ácidos hidroxibenzoicos não exercem influência direta no sabor do vinho, mas podem causar alterações aromáticas pela sua relação no aparecimento de fenóis voláteis (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006a).

2.3.4.3 Flavonoides

Os flavonoides são polifenóis sintetizados pela via do acetato e pela via fenilpropanoide. Todos os flavonoides possuem estrutura básica, contendo dois anéis benzeno ligados a um anel heterocíclico pirano (Figura 6). A estrutura básica de todos os flavonoides contém 15 átomos de carbono, organizados em três anéis aromáticos (Figura 6) (ARAÚJO, 2011; GRANATO; NUNES, 2017). Um anel benzênico A (C6) tem junção de dois carbonos com um segundo anel pirânico C (C3), o qual tem ligação simples com um terceiro anel benzênico B (C6) (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Figura 6 - Estrutura química básica dos flavonoides.



Fonte: Adaptado de Boroski *et al.* (2015).

Os flavonoides possuem duas subunidades de fenóis, incluindo seis subclasses, diferindo no estado de oxidação do anel pirano heterocíclico (anel C) e

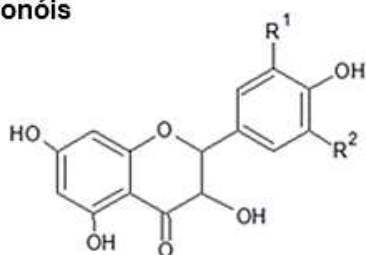
dos dois anéis aromáticos (A e B). A variação no anel C heterocíclico é a base de classificação dos flavonoides em várias subclasses: flavonóis, flavonas, flavanóis, isoflavonas, flavanonas e antocianinas (GARRIDO; BORGES, 2013). Na natureza, os flavonoides podem ser encontrados na forma livre ou conjugada, sendo frequentemente esterificados com uma ou duas moléculas de açúcar. Na família dos flavonoides, a diversidade química e complexidade são principalmente associadas à alta variedade de glicosídeos formados, como também a ocorrência de reações de condensação (GARRIDO; BORGES, 2013).

Os flavonoides são considerados antioxidantes efetivos devido à suas propriedades sequestrantes de radicais livres e por quelar íons metálicos, protegendo assim os tecidos dos radicais livres e da peroxidação lipídica. A propriedade antioxidante é direcionada sobre o radical hidroxil (OH) e o ânion superóxido ($O_2^{\cdot-}$), que são espécies altamente reativas envolvidas na iniciação da peroxidação lipídica (GARRIDO; BORGES, 2013).

Os flavonoides presentes nas uvas são principalmente três classes, flavonóis, flavanóis e as antocianinas, no entanto em uvas brancas destacam-se os flavonóis e flavanóis (Figura 7), uma vez que as antocianinas estão presentes em uvas tintas.

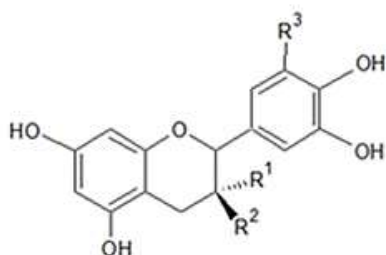
Figura 7 - Estrutura dos principais flavonoides encontrados em uva e vinho branco.

Flavonóis



$R_1 = H$	$R_2 = H$	Camferol
$R_1 = OH$	$R_2 = H$	Quercetina
$R_1 = OH$	$R_2 = OH$	Miricetina

Flavanóis



Procianidinas			Unidade Monomérica
$R_1 = OH$	$R_2 = H$	$R_3 = H$	(+)catequina
$R_1 = H$	$R_2 = OH$	$R_3 = H$	(-)epicatequina
Prodelfinidinas			
$R_1 = OH$	$R_2 = H$	$R_3 = OH$	(+)galocatequina
$R_1 = H$	$R_2 = OH$	$R_3 = OH$	(-)epigalocatequina

Fonte: Adaptado de Ribéreau-Gayon *et al.* (2006b).

Os flavonóis são caracterizados pela presença da insaturação no anel heterocíclico, e uma hidroxila na posição 3 (Figura 7). Esses compostos são encontrados nas plantas principalmente na forma de glicosídeos. Em uvas e vinhos os flavonóis principalmente encontrados são a quercetina, campferol e miricetina (JACKSON, 2008). São sintetizados na casca, e exercem um papel de proteção contra a radiação ultravioleta para a planta. Em vinhos brancos estes compostos são encontrados em baixas concentrações, o que pode ser atribuído ao processo de vinificação de uvas brancas, uma vez que o tempo de contato entre o mosto e a casca é limitado. Além disto, elevadas concentrações de flavonóis no vinho branco não são desejadas, pois interferem na cor do vinho acarretando intensificação da cor amarela (GARRIDO; BORGES, 2013; JACKSON, 2008; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

Os flavanóis em uva não são encontrados na forma de glicosídeos, mas sim esterificados com ácido gálico ou condensados com outros compostos. Em uvas os principais flavanóis são catequina e epicatequina. Sua presença na casca e semente limita a concentração em vinhos brancos devidos as etapas vinificação (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; WATERHOUSE, 2002). No vinho, o principal flavanol é a catequina, e sua presença está associada a percepção do sabor amargo e adstringência (ROBICHAUD; NOBLE, 1990).

Sioumis e colaboradores (2006) realizaram um estudo com sete uvas brancas avaliando o início da oxidação em vinhos brancos, com foco na cinética de reação do escurecimento. Os autores investigaram a correlação com os principais compostos fenólicos e substratos da oxidação com característica de *o*-difenoil, como ácido gálico, ácido caftárico, ácido 2-S-glutationilcaftárico - GRP, ácido cafeico, catequina e epicatequina. No estudo, através da análise de regressão entre *k* (constante de taxa de escurecimento) e a concentração dos compostos fenólicos individuais, os autores observaram que a epicatequina foi o principal agente envolvido da reação de escurecimento.

2.4 OXIDAÇÃO DO MOSTO E VINHO BRANCO

As reações de oxidação que ocorrem em mostos e vinhos brancos acarretam no escurecimento, afetando a qualidade destes produtos, uma vez que interferem na coloração do vinho e na perda de frescor e de notas frutadas. As

reações de oxidação podem ocorrer desde a etapa de colheita das uvas, como também nas diferentes etapas do processo de vinificação assim como durante o armazenamento do vinho. Cabe ressaltar, que ao contrário do vinho branco, em vinho tinto as reações de oxidação quando controladas podem ser benéficas, resultando na estabilização da cor e na redução da adstringência (SINGLETON, 1987; OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Os compostos fenólicos, presentes em uvas e vinhos, são os principais substratos das reações de oxidação. As reações oxidativas são marcadas por diversas sequências de reações químicas que são influenciadas por diferentes fatores como acidez do vinho, temperatura, oxigênio disponível, presença de sulfito e de íons metálicos, como o ferro e o cobre (LI; GUO; WANG, 2008; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006a; WATERHOUSE; LAURIE, 2006).

O escurecimento de vinhos brancos pode ser atrelado às reações de oxidação enzimática e/ou química, que podem ocorrer durante as diferentes etapas da vinificação até o armazenamento em garrafa. No entanto, os principais mecanismos envolvidos nestas reações são distintos. As reações de escurecimento enzimático ocorrerem principalmente no mosto, em etapas pré-fermentativas, devido à maceração e grande exposição do mosto ao oxigênio, o que torna o meio propício para ação das enzimas envolvidas. Com relação às reações de escurecimento não enzimáticas, estas ocorrem preferencialmente durante o período de armazenamento do vinho, no entanto também podem ocorrer nas etapas pré-fermentativas (LI; GUO; WANG, 2008).

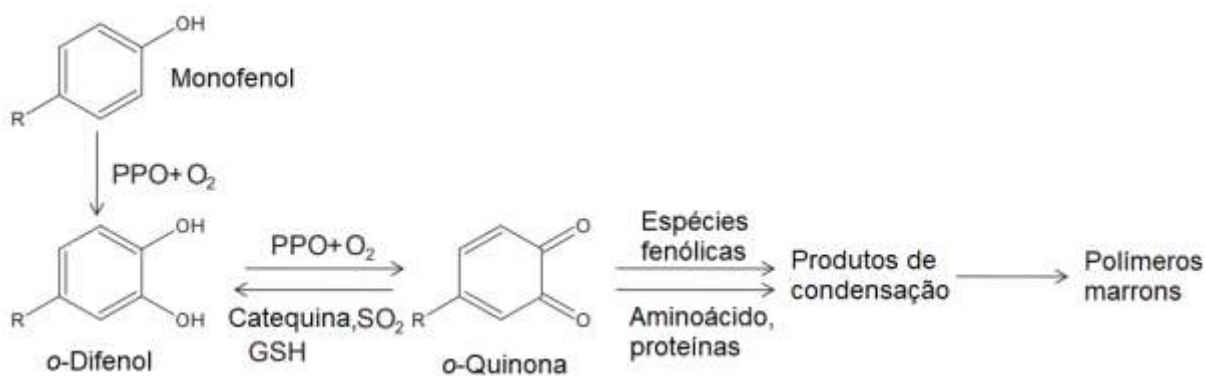
2.4.1 Oxidação enzimática

As reações de oxidação enzimática apresentam como principal substrato os compostos fenólicos, e estas ocorrem desde os estágios iniciais do processamento da uva, com o rompimento das células vegetais presentes na casca da uva nas etapas de desengace e maceração. Durante estas etapas, os vacúolos celulares, principal localização dos polifenóis, são rompidos e liberados para o meio, onde também estão presentes as enzimas oxirredutases (LI; GUO; WANG, 2008; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009). Dentre as enzimas oxirredutases de relevância para a vinificação pode-se citar a polifenoloxidase (PPO) (E.C. 1.10.3.1), uma enzima que contém cobre na estrutura química. Cabe ressaltar que no mosto da uva

também podem estar presentes outras enzimas, como a lacase (E.C. 1.10.3.2), que não é uma enzima endógena da uva, sendo produzida principalmente pelo metabolismo do fungo *Botrytis cinerea*, e a enzima peroxidase (E.C. 1.11.1.7), que contem ferro na estrutura química agindo como acceptor de peróxido de hidrogênio. Todas estas enzimas podem influenciar no escurecimento do mosto durante o processo de vinificação (LI; GUO; WANG, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2011).

A reação de oxidação mediada pela enzima PPO ocorre inicialmente com a hidroxilação de um monofenol tornando-o um *o*-difenol e após a transformação do *o*-difenol em uma *o*-quinona como podemos ver na figura 8. As *o*-quinonas formam produtos condensados com uma grande variedade de compostos presentes no meio como proteínas, aminoácidos e substâncias fenólicas que sequencialmente formam polímeros marrons originando o escurecimento do mosto (LI; GUO; WANG, 2008; ROBARDS *et al.*, 1999). Após a formação de *o*-quinonas no mosto, estas podem apresentar diferentes rotas de reação como, por exemplo, a formação de polímeros marrons. Pode ocorrer a reversibilidade da reação onde as *o*-quinonas retornam à *o*-difenois através da presença de compostos como o ácido ascórbico e os sulfitos, como também a possível formação de GRP quando há presença de glutathiona (LI; GUO; WANG, 2008). O mecanismo de formação do GRP ocorre quando o ácido caftárico é oxidado pela enzima PPO e a quinona resultante reage com a glutathiona que está presente naturalmente na uva ou mosto, originado assim o GRP, que é um produto incolor e não é substrato para a PPO, impedindo a sequência da reação de escurecimento (CILLIERS; SINGLETON, 1989; LI; GUO; WANG, 2008; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; WATERHOUSE; LAURIE, 2006).

Figura 8 - Reação de escurecimento enzimático no mosto de uva branca.



Fonte: Li, Guo e Wang (2008).

2.4.2 Oxidação química

No vinho, a principal reação de escurecimento ocorre por via não enzimática, também denominada de oxidação química, que engloba um conjunto de reações que acarretam na alteração da cor do vinho branco. Uma destas reações é a reação de Fenton demonstrada na Figura 9, que consiste na reação do íon ferroso (Fe^{2+}) com o peróxido de hidrogênio com a formação de um radical hidroxila ($\text{HO}\cdot$), que por sua vez é um produto reduzido do oxigênio e tem a capacidade de oxidar as moléculas orgânicas presentes nos vinhos (WATERHOUSE; LAURIE, 2006). O radical não apresenta seletividade nas reações de oxidação, assim reage com diferentes compostos presentes no meio, como os polifenóis, açúcares, ácidos orgânicos e etanol (DANILEWICZ, 2007; LI; GUO; WANG, 2008; WATERHOUSE; LAURIE, 2006).

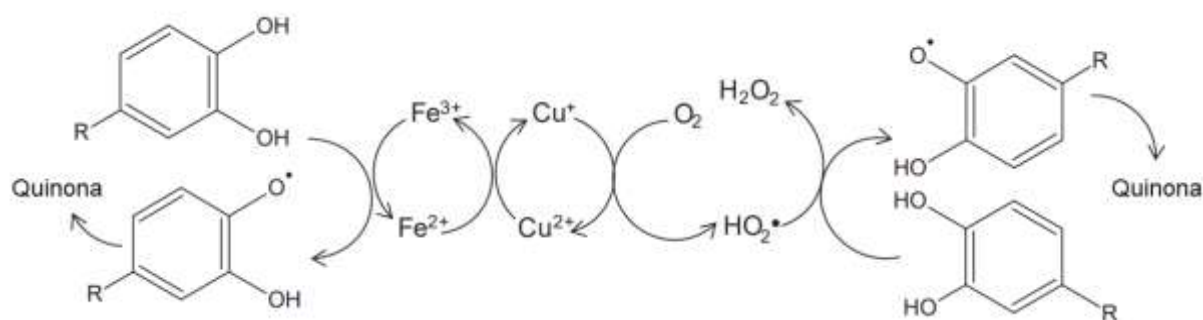
Figura 9 - Esquema da Reação de Fenton.



Fonte: Oliveira *et al.* (2011).

Outra reação que ocorre em vinhos brancos e culmina no escurecimento, é a oxidação dos compostos fenólicos em quinonas catalisado pelos íons de ferro demonstrada na Figura 10, com posterior formação de polímeros escuros. Como proposto por Danilewicz (2007), os catalizadores são íons de ferro e cobre, que segundo o modelo proposto, o oxigênio e o catecol não interagem diretamente, e sim por um ciclo redox com o íon de ferro e íon de cobre. A reação ocorre pela troca de elétrons do catecol com o íon férrico (Fe^{3+}) que é muito instável, originando a semiquinona e o Fe^{2+} , onde a semiquinona pode ser oxidada gerando a quinona e o Fe^{2+} reoxidado.

Figura 10 - Ciclo redox do ferro e cobre na catalisação e oxidação do catecol para produção de quinona e peróxido de hidrogênio.



Fonte: Danilewicz (2007).

Conforme a oxidação vai ocorrendo no vinho a concentração de compostos fenólicos tende a diminuir, já que os mesmos são o principal substrato das reações de oxidações tanto enzimática como química (FERNÁNDEZ-ZURBANO *et al.*, 1998). Em estudo realizado por Ferreira-Lima e colaboradores (2013), foi avaliada a composição química do vinho Goethe submetido a diferentes condições de armazenamento. Os autores demonstraram haver significativa correlação positiva entre o índice de escurecimento e a diminuição da concentração dos polifenóis durante o armazenamento do vinho em diferentes condições de armazenamento como, presença de luz, temperatura e posição da garrafa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 REAGENTES

Os compostos tirosol, catequina, epicatequina, *trans*-caftarico, ácido cafeico, ácido *p*-cumarico, ácido ferúlico, *trans*-resveratrol, miricetina e quercetina, ácido tartárico, cítrico, málico, succínico, láctico e 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico (ABTS) foram obtidos da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Todos os reagentes apresentam pureza superior a 95% (m/m). Folin-Ciocalteu foi obtido da Fluka (Steinheim, Alemanha). Os produtos enológicos metabissulfito de potássio, tanino gálico, levedura inativa com glutathione foram obtidos da Laffort (Bordeaux, França). Os solventes utilizados para análises cromatográficas foram de grau HPLC, todos previamente filtrados em membrana de poros de 0,45 µm (Millipore) e degaseificados antes de seu uso. Os demais reagentes utilizados nas análises apresentam grau de pureza analítica.

3.2 AMOSTRA

O experimento de vinificação com diferentes agentes enológicos foi realizado na Empresa de Pesquisa e Extensão Agropecuária de Santa Catarina (Epagri) de Urussanga, com uva Goethe Clássica, safra 2019, provenientes de um vinhedo situado em Urussanga (latitude S 28°32'11,02", longitude O 49°18'53,89" com altitude 70 m). As uvas foram colhidas quando alcançaram a maturidade tecnológica (pH, sólidos solúveis totais e acidez total) e foram utilizados 12,5 kg de uva para cada experimento. Após a colheita as uvas foram desengaçadas, esmagadas e separadas em tanques de 20 L para realização dos experimentos. No experimento controle (C) foi adicionada uma concentração comercialmente aplicada de metabissulfito de potássio de 20% (m/v). Os demais experimentos foram divididos em: T1) adição da solução de metabissulfito de potássio 10% (m/v); T2) adição da solução de metabissulfito de potássio 10% (m/v) e tanino gálico (20g/hL); T3) adição da solução de metabissulfito 10% (m/v) e levedura inativa com glutathione (20 g/hL); T4) adição da solução de metabissulfito de potássio 10% (m/v), tanino gálico (20 g/hL) e levedura inativa contendo glutathione (20 g/hL). As concentrações adicionadas foram de acordo com o indicado pelo fabricante para elaboração de

vinhos brancos e estão de acordo com o preconizado pela legislação brasileira e Organização Internacional do Vinho (OIV). Todos os experimentos foram realizados em triplicata. Foi realizada a coleta das amostras de mosto após a realização de cada tratamento e armazenadas a -20°C até a realização das análises.

Todos os experimentos foram submetidos às mesmas condições de microvinificação, cepas de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* (30 g/100 Kg) (Fermol Blanc, AEB Group) foram adicionadas ao mosto para o início da fermentação alcoólica e a temperatura dos tanques foi mantida à 17°C . Após finalizar a fermentação alcoólica (densidade menor que 992 g/L), foi realizado a primeira trasfega a fim de separar o vinho das borras e então seguiu-se para a clarificação do vinho. Nesta etapa foram adicionados caseína (0,25g/L) e bentonita (1g/L) para auxiliar na clarificação do vinho. Após, os vinhos foram filtrados durante a realização de uma segunda trasfega e, então engarrafados, mantidos na posição horizontal por 4 meses até o momento das análises.

3.3 ANÁLISES FISÍCO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas realizadas no mosto e no vinho seguiram os métodos propostos pela Organização Internacional da Uva e do Vinho (OIV, 2016). No mosto foram realizadas as análises de pH (pH meter 220 MP Mettler-Toledo), acidez total (g de ácido tartárico/L) e sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$). No vinho foram realizadas as análises de pH, teor alcoólico (%vol.), acidez volátil (mg de ácido acético/L) e acidez total (g de ácido tartárico/L). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.4 ANÁLISES ESPECTROFOTOMÉTRICAS

As análises espectrofotométricas foram realizadas em espectrofotômetro UV-Vis (Hitachi U2010, CA, USA). Para a realização das análises de polifenóis totais, *orto*-difenóis, atividade antioxidante, índice de escurecimento e a atividade da enzima catecolase os mostos foram primeiramente centrifugados à 4.000 rpm por 10 minutos, e os sobrenadantes separados e utilizados nas análises. Os vinhos foram analisados sem tratamento prévio, quanto ao teor de polifenóis totais, *orto*-difenóis, atividade antioxidante, índice de escurecimento.

3.4.1 Polifenóis totais

O teor de polifenóis totais (PT) foi determinado pelo do método colorimétrico de Folin- Ciocalteu, com leitura da absorvância em 760 nm. Os resultados foram expressos em mg/L de ácido gálico, utilizando curva de calibração por adição de padrão (SINGLETON; ROSSI, 1965).

3.4.2 O-difenóis

A determinação de *orto*-difenóis foi realizada de acordo com Flanzky e Aubert (1969), utilizando o reativo de Arnou e formação de complexo de molibdênio, presente no reativo, com os compostos *orto*-, *di*- e *tri*-fenóis presente no extrato. As leituras de absorvância foram realizadas em 500 nm e os resultados expressos em mg/L de catequina, com curva de calibração analítica.

3.4.3 Atividade antioxidante

A análise da atividade antioxidante foi realizada pelo método ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico) de acordo com Re *et al.* (1999), o qual está baseado na descoloração que ocorre quando o radical cátion ABTS⁺ é reduzido a ABTS. As leituras da reação ocorreram em 754 nm e foram realizadas antes e após 6 min da reação do radical com a amostra. Os resultados de atividade antioxidante foram expressos em equivalente ao Trolox (TEAC) (mM). A curva de calibração utilizada foi curva analítica.

3.4.4 Índice de escurecimento

O índice de escurecimento foi determinado por leitura direta da absorvância das amostras em 420 nm (cubeta de 10 mm) (LERMA *et al.*, 2010).

3.4.5 Atividade enzimática catecolase

A atividade enzimática foi avaliada pelo do método descrito por Traverso-Rueda e Singleton (1973). As leituras foram feitas em 420 nm e os resultados foram

expressos como unidade de atividade enzimática (U), definida com base no aumento de 0,001 de absorvância por minuto por mL de amostra (U/mL), que avalia a velocidade de reação da enzima polifenoloxidase.

3.5 ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS

As análises cromatográficas foram realizadas utilizando cromatógrafo líquido de alta eficiência (HPLC), Shimadzu (Kyoto, Japan), acoplado com desgaseificador (DGU-20A), bomba quaternária (LC- 20AT), forno de coluna (CTO-20A), detector de arranjo de diodo (DAD) (SPD-M20A) e injeção manual de 20 µL, com o software LC Solution. Foram utilizadas coluna (4,6 mm x 250 mm, 5 µL tamanho de partícula) e pré-coluna (4,6 mm x 12,5 mm) C18 (Shaimadzu, Kyoto, Japan).

A identificação de cada composto foi realizada pela comparação do tempo de retenção e espectro dos picos cromatográficos UV-Vis das amostras, com os obtidos pela injeção dos padrões. A quantificação de todos os compostos foi realizada através de curva de calibração construída por adição de padrão na matriz. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.5.1 Ácidos orgânicos

O método utilizado para análise dos ácidos orgânicos (ácidos tartárico, málico, láctico, cítrico e succínico) foi de acordo com Escobal *et al.* (1998) com modificações. A separação cromatográfica foi realizada através de eluição isocrática e detecção em 212 nm. A fase móvel foi água ultrapura (Milli-Q) acidificada com ácido fosfórico (1,2% m/v) com pH de 2,4. O fluxo do eluente foi de 0,7 mL/min. O tempo de cada corrida cromatográfica foi de 35 minutos.

Para a realização das análises, as amostras de mosto foram centrifugadas a 4.000 rpm (Jaetzki k24, Jena, Alemanha) durante 15 minutos. O sobrenadante foi diluído 10 vezes em água ultrapura (Milli-Q), filtrado em membrana de 0,45 µm (Millipore) e injetados no cromatógrafo líquido. Para análise dos vinhos foi realizado o mesmo procedimento de preparo da amostra do mosto, exceto a etapa de centrifugação. O resultado foi expresso em g/L.

3.5.2 Compostos fenólicos individuais

Para a determinação dos polifenóis individuais, as amostras dos vinhos foram submetidas à extração líquido-líquido de acordo com o método descrito por Burin *et al.* (2014b). A amostra (5 mL) foi extraída com duas extrações sucessivas utilizando acetato de etila (10 mL) durante 3 minutos em misturador de vórtex. Após a extração, as fases orgânicas foram evaporadas em rota-evaporador (Fisatom Modelo 803, Brasil) e as amostras foram ressuspensas em solução de metanol:água (1:1 v/v) e filtradas em membrana PTFE de 0,45 µm para posterior injeção no cromatógrafo líquido.

Os ácidos hidroxibenzoicos (ácidos gálico, protocateico, vanílico, siríngico e elágico) foram determinados utilizando o método descrito por Burin *et al.* (2014a). Como solvente para a fase móvel A foi utilizado água ultra pura:acetonitrila (98:2 v/v) e o solvente da fase móvel B foi composto de 20 % do solvente A e 80 % de CH₃CN. Os compostos fenólicos foram eluidos utilizando um gradiente linear: 0-30 % solvente B por 35 minutos, de 30-60 % de B por 5 minutos, 60 % de B durante 2 minutos, 60-0 % B por 5 minutos e 0 % B por 3 minutos para acondicionamento da coluna. O fluxo utilizado foi 1 mL/min. Os compostos foram quantificados em 280nm. Os resultados foram expressos em mg/L.

Os polifenóis, tirosol, catequina, epicatequina, ácido caféico, ácido ferúlico, ácido *p*-cumárico, ácido *trans*-caftárico, miricetina, quercetina e *trans*-resveratrol, foram quantificados de acordo com Burin *et al.* (2014a) com modificações. O solvente da fase móvel A foi água ultra-pura:acetonitrila (98:2 v/v) e da fase móvel B foi água ultra-pura:ácido acético:acetonitrila (58:2:40 v/v/v). As condições do gradiente de eluição foram: 0-80 % solvente B por 55 minutos, de 80-100 % de B por 15 minutos, retornando em 0 % de solvente B durante 5 minutos. O fluxo utilizado foi de 0,90 mL/min. A quantificação do tirosol, catequina e epicatequina foi realizada em 280 nm, ácidos hidroxicinâmicos (ácidos cafeico, caftarico, *p*-cumarico e ferúlico) foram quantificados em 320 nm, os flavonois (miricetina e quercetina) em 360 nm e o *trans*-resveratrol em 306 nm. Os resultados foram expressos em mg/L.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as análises foram realizadas em triplicata para cada experimento, e os resultados foram expressos como valores médios \pm desvio padrão. Análise de variância (ANOVA), teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e Análise de Componentes Principais (ACP) foram realizadas utilizando o programa STATISTICA v. 13.3 (TiBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PARÂMETROS CLÁSSICOS DO MOSTO E VINHO

As análises físico-químicas dos mostos estão apresentadas na Tabela 1. Pode-se observar que todos os parâmetros avaliados estão de acordo com valores encontrados na literatura para mostos de uvas brancas *V. vinifera* e *V. labrusca*, utilizados na elaboração de vinhos brancos (IZQUIERDO-CANÃS *et al.*, 2021; JIN *et al.*, 2017).

Tabela 1 - Análises físico-químicas do mosto da uva Goethe com adição de diferentes agentes enológicos.

	C	T1	T2	T3	T4
AT (g/L ácido tartárico)	3,15 ^a ± 0,03	2,57 ^b ± 0,04	2,47 ^c ± 0,02	2,31 ^d ± 0,04	1,92 ^e ± 0,04
pH	2,65 ^c ± 0,01	2,64 ^c ± 0,01	2,66 ^c ± 0,01	2,84 ^a ± 0,01	2,75 ^b ± 0,01
SST (°Brix)	6,83 ^b ± 0,00	7,80 ^a ± 0,00	7,80 ^a ± 0,00	7,73 ^a ± 0,10	7,80 ^c ± 0,00
PPO (U/mL)	0,012 ^a ± 0,00	0,010 ^a ± 0,00	0,010 ^a ± 0,00	0,020 ^a ± 0,01	0,015 ^a ± 0,00

Resultados expressos como valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa (p<0,05) entre as amostras de mosto (Teste de Tukey). Controle (C) metabissulfito 20% (m/v); T1) metabissulfito de potássio 10% (m/v); T2) metabissulfito de potássio 10% (m/v) e tanino gálico (20g/hL); T3) metabissulfito 10% (m/v) e glutaciona (20 g/hL); T4) metabissulfito de potássio 10% (m/v), tanino gálico (20 g/hL) e glutaciona (20 g/hL). AT, Acidez total titulável; SST, sólidos solúveis totais, PPO, polifenoloxidase.

A amostra de mosto com adição de metabissulfito de potássio e glutaciona (T3) e a amostra com adição metabissulfito de potássio, tanino gálico e glutaciona (T4) apresentaram diferenças significativas (p<0,05) em todos os parâmetros físico-químicos analisados em relação a amostra controle (Tabela 1). A análise da atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO) demonstrou que os mostos provenientes dos diferentes tratamentos não apresentaram diferença significativa quanto a atividade da PPO, assim como não foi observado diferença significativa para a atividade da PPO entre os diferentes tratamentos e amostra controle (Tabela 1). Cabe ressaltar que todos os tratamentos realizados no mosto apresentaram uma redução de 50% da concentração de sulfito, quando comparados com a amostra controle. Estes resultados indicam que todos os agentes enológicos adicionados nos mostos foram eficazes em estabilizar as reações enzimáticas de escurecimento nas

etapas pré-fermentativas. A busca pela redução da utilização de sulfito é amplamente relatada na literatura devido aos seus efeitos nocivos à saúde (CLARK; PRENZLER; SCOLLARY, 2003; SONNI *et al.*, 2011b).

Os parâmetros enológicos avaliados nas diferentes amostras de vinho elaborados com os mostos com adição de diferentes agentes enológicos, estão apresentados na Tabela 2. Todos os vinhos provenientes dos diferentes tratamentos apresentaram valores de acidez total, acidez volátil, teor alcoólico e pH de acordo com o preconizado na legislação brasileira (BRASIL, 2018) para vinhos brancos, assim como estão de acordo com legislação internacional como a Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV, 2016). Além disto, os valores encontrados para os vinhos, estão de acordo com os reportados pela literatura para vinhos brancos (IZQUIERDO-CANÃS *et al.*, 2021; SÁNCHEZ-PALOMO; ALONSO-VILLEGAS; GONZÁLEZ-VIÑAS, 2015). Vale destacar, que esses são importantes parâmetros de qualidade, pois influenciam nas características sensoriais do vinho (IZQUIERDO-CANÃS *et al.*, 2021; MARCHANTE *et al.*, 2019). Estudos da literatura também evidenciaram que a adição de diferentes produtos enológicos no mosto antes da fermentação não impactou significativamente na composição físico-química dos vinhos (CHEN *et al.*, 2016; LARCHER *et al.*, 2015). Estudo realizado por Ferreira-Lima e colaboradores (2013), que caracterizou vinhos brancos da uva Goethe estão de acordo com os resultados encontrados no presente estudo, uma vez que os autores reportaram valores similares nos parâmetros enológicos clássicos do vinho.

Tabela 2 - Parâmetros enológicos dos vinhos elaborados com mostos com adição de diferentes agentes enológicos.

	C	T1	T2	T3	T4
AT (g/L ác. acético)	2,58 ^b ±0,01	2,73 ^a ±0,04	2,47 ^c ± 0,01	2,41 ^c ±0,06	2,58 ^b ±0,04
AV (g/L ác. tartárico)	0,124 ^{ab} ±0,01	0,135 ^a ±0,02	0,101 ^b ± 0,00	0,121 ^{ab} ±0,00	0,134 ^a ±0,00
Álcool (vol.%)	10,3 ^c ±0,0	10,3 ^c ±0,0	10,6 ^a ±0,0	10,4 ^{bc} ±0,1	10,5 ^b ±0,0
pH	3,45 ^{ab} ±0,01	3,46 ^a ±0,00	3,43 ^a ±0,00	3,46 ^a ±0,01	3,43 ^a ±0,00

Resultados expressos como valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras de vinho (Teste de Tukey). Controle (C) metabissulfito 20% (m/v); T1) metabissulfito de potássio 10% (m/v); T2) metabissulfito de potássio 10% (m/v) e tanino gálico (20g/hL); T3) metabissulfito 10% (m/v) e glutaciona (20 g/hL); T4) metabissulfito de potássio 10% (m/v), tanino gálico (20 g/hL) e glutaciona (20 g/hL). AT, acidez total titulável; AV, acidez volátil.

O teor de ácidos orgânicos, que é um importante indicador de qualidade, está apresentado na Tabela 3. Os ácidos málico e tartárico foram os ácidos orgânicos quantificados em maior concentração em todas as amostras de mosto e vinho. De acordo com a literatura, a concentração destes ácidos representa mais de 80% dos ácidos orgânicos totais encontrados nas uvas (JACKSON, 2008). Nos vinhos o teor de ácido málico é um indicativo que estes não foram submetidos a fermentação malolática. Pesquisadores afirmam que nos vinhos elaborados sem fermentação malolática o ácido málico pode ser o ácido orgânico majoritário (MATO *et al.*, 2007). O ácido málico apresentou valores superiores quando comparado a outros estudos de ácidos orgânicos em vinho e mosto, no entanto, os demais ácidos orgânicos no mosto com adição de diferentes agentes enológicos e nos respectivos vinhos, estão de acordo com outros estudos de ácidos orgânicos de diferentes variedades de uvas brancas e de vinhos brancos (BURIN, 2014b; FERREIRA-LIMA, 2016; IZQUIERDO-CANÑAS *et al.*, 2021; LOSADA *et al.*, 2011; PANCERI, 2017).

Tabela 3 – Teor de ácidos orgânicos (g/L) em mosto com adição de diferentes agentes enológicos e respectivos vinhos.

Mosto					
	C	T1	T2	T3	T4
Tartárico	2,12 ^a ±0,01	1,76 ^{bc} ±0,20	2,07 ^{ab} ±0,18	1,73 ^c ± 0,00	2,19 ^a ±0,02
Málico	5,57 ^a ±0,04	6,04 ^a ± 0,70	5,67 ^a ± 0,53	5,54 ^a ± 0,00	5,85 ^b ±0,02
Lático	0,31 ^a ±0,00	0,30 ^a ± 0,03	0,29 ^a ± 0,02	0,27 ^a ± 0,00	0,16 ^b ±0,00
Succínico	0,92 ^a ±0,20	0,93 ^a ± 0,14	1,00 ^a ±0,06	1,04 ^a ± 0,02	0,43 ^b ±0,01
Cítrico	0,36 ^a ±0,01	0,42 ^a ± 0,05	0,38 ^a ± 0,02	0,37 ^a ± 0,01	0,22 ^b ±0,01
Vinho					
	C	T1	T2	T3	T4
Tartárico	1,91 ^c ± 0,01	1,92 ^c ± 0,02	2,02 ^a ± 0,00	1,99 ^b ± 0,01	2,04 ^a ±0,01
Málico	5,77 ^b ± 0,00	5,92 ^a ± 0,10	5,42 ^d ± 0,01	5,24 ^e ± 0,03	5,56 ^c ±0,04
Lático	0,34 ^a ± 0,00	0,25 ^d ± 0,01	0,31 ^b ± 0,00	0,29 ^c ± 0,00	0,30 ^c ±0,00
Succínico	0,62 ^a ± 0,01	0,59 ^{ab} ±0,04	0,56 ^b ±0,01	0,59 ^{ab} ±0,01	0,63 ^a ±0,01
Cítrico	0,06 ^a ± 0,00	0,07 ^a ± 0,01	<0,01*	<0,01*	<0,01*

Resultados expressos como valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa (p<0,05) entre as amostras de mosto e vinho, separadamente (Teste de Tukey). Controle (C) metabissulfito 20% (m/v); T1) metabissulfito de potássio 10% (m/v); T2) metabissulfito de potássio 10% (m/v) e tanino gálico (20g/hL); T3) metabissulfito 10% (m/v) e glutatona (20 g/hL); T4) metabissulfito de potássio 10% (m/v), tanino gálico (20 g/hL) e glutatona (20 g/hL)

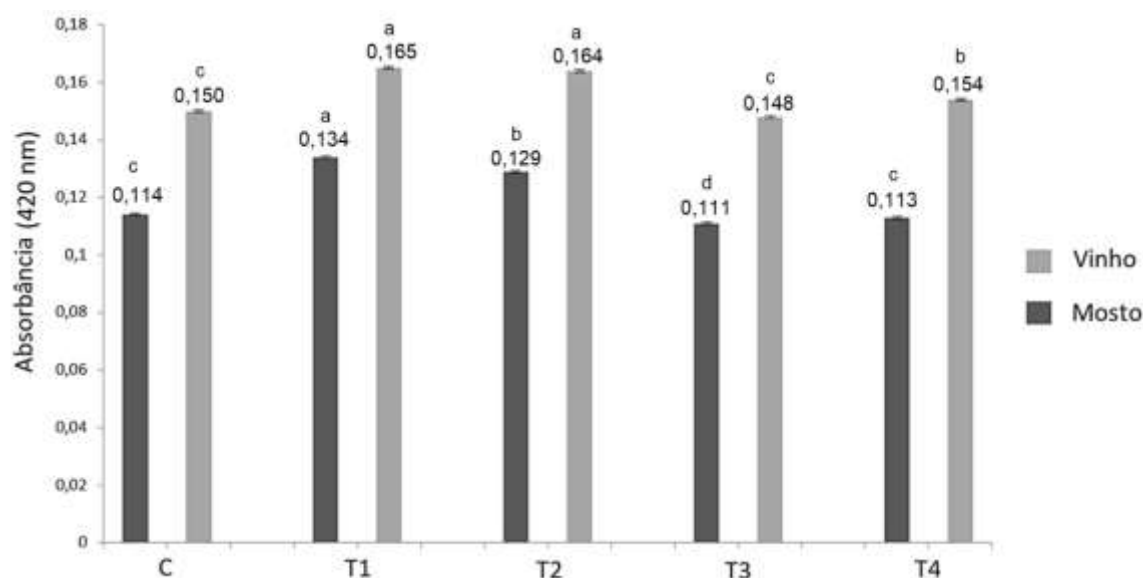
*menor que o Limite de detecção do método.

Izquierdo-Cañas *et al.* (2021) realizaram diferentes tratamentos no mosto na etapa pré-fermentativa a fim de reduzir o teor de sulfito adicionado em vinho branco e avaliaram a concentração de ácidos orgânicos em vinhos produzidos com uvas Chardonnay, com adição de dióxido de carbono (CO₂) no mosto. Os autores evidenciaram que após três meses de armazenamento em garrafa, o vinho elaborado com adição de CO₂ apresentou diferença significativa na concentração dos ácidos tartárico e acético, no entanto, este teor final não influenciou nas características sensoriais do vinho, onde os julgadores descreveram predomínio de notas frutadas sem detectar a presença de ácido acético.

4.2 INFLUÊNCIA DOS AGENTES ENOLÓGICOS NA OXIDAÇÃO DO MOSTO E DO VINHO

O índice de escurecimento das amostras de mostos com adição de diferentes agentes enológicos e os respectivos vinhos está apresentado na Figura 11. Observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) no índice de escurecimento entre os mostos com diferentes tratamentos, assim como entre as amostras de vinho. Pode-se observar que a amostra T3 com adição de glutatona, apresentou o menor índice de escurecimento tanto do mosto como no respectivo vinho, seguido da amostra T4 (mosto e vinho) com adição de glutatona e tanino gálico. Além disto, as amostras de mosto T3 e T4 apresentaram valores menores ou sem diferença significativa ($p < 0,05$) no índice de escurecimento quando comparados à amostra controle (C). Os resultados encontrados estão de acordo com pesquisas que demonstram que a glutatona é capaz de agir rapidamente no mosto para proteger os polifenóis frente as reações de oxidação. Esta ação da glutatona está relacionada à capacidade de reagir com as quinonas, revertendo o mecanismo de oxidação e reduzindo a quinona novamente a polifenóis ou originando compostos “adultos” de oxidação, como o GRP (*Grape Reaction Products*) (MAKHOTKINA; KILMARTIN, 2009).

Figura 11 - Índice de escurecimento para amostras de mostos adicionados de diferentes agentes enológicos e respectivos vinhos.



Resultados expressos como valores médios \pm desvio padrão (n=3). Letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras de mosto e vinho, separadamente (Teste de Tukey). Controle (C) metabissulfito 20% (m/v); T1 metabissulfito de potássio 10% (m/v); T2 metabissulfito de potássio 10% (m/v) e tanino gálico (20g/hL); T3 metabissulfito 10% (m/v) e glutaciona (20 g/hL); T4 metabissulfito de potássio 10% (m/v), tanino gálico (20 g/hL) e glutaciona (20 g/hL).

Fonte: O autor.

A Tabela 4 apresenta a concentração dos compostos fenólicos totais e atividade antioxidante dos mostos e vinhos.

Tabela 4 – Teor de polifenóis totais, *orto*-difenóis e atividade antioxidante dos mostos após adição de diferentes agentes enológicos e dos respectivos vinhos.

Mosto					
	C	T1	T2	T3	T4
PT (mg/L ácido gálico)	553,90 ^b ±18,18	448,40 ^d ±2,73	747,01 ^a ±13,18	430,20 ^d ±2,73	506,60 ^c ±1,82
OD (mg/L catequina)	29,87 ^c ±0,41	53,14 ^a ±2,45	33,95 ^b ±2,04	24,98 ^d ±0,41	14,37 ^e ±1,22
AA (mM)	1,13 ^c ±0,02	0,43 ^e ±0,01	2,58 ^a ±0,06	0,68 ^d ±0,01	1,25 ^b ±0,03
Vinho					
	C	T1	T2	T3	T4
PT (mg/L ácido gálico)	350,70 ^c ±0,45	306,10 ^d ±1,36	433,40 ^b ±1,36	313,01 ^d ±1,82	451,60 ^a ±7,73
OD (mg/L catequina)	84,97 ^a ±0,82	38,04 ^e ±2,04	67,01 ^d ±0,82	71,09 ^c ±1,63	80,07 ^b ±1,63
AA (mM)	0,90 ^b ±0,02	0,69 ^c ±0,01	1,49 ^a ±0,01	0,87 ^b ±0,03	1,49 ^a ±0,01

Resultados expressos como valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras de mosto e vinho Goethe (Teste de Tukey). Controle (C) metabissulfito 20% (m/v); T1) metabissulfito de potássio 10% (m/v); T2) metabissulfito de potássio 10% (m/v) e tanino gálico (20g/hL); T3) metabissulfito 10% (m/v) e glutaciona (20 g/hL); T4) metabissulfito de potássio 10% (m/v), tanino gálico (20 g/hL) e glutaciona (20 g/hL). PT, polifenóis totais; OD, *orto*-difenóis; AA, atividade antioxidante (radical ABTS).

Os *orto*-difenóis (OD) são compostos intermediários da oxidação enzimática e podem resultar em polímeros marrons responsáveis por conferir cor escura ao vinho branco. No entanto, na presença de glutaciona, os *orto*-difenóis reagem com a glutaciona e originam o produto de reação da uva, denominado *Grape Reaction Product* (GRP), que é um produto incolor que não influencia na coloração do vinho, uma vez que não é utilizado como substrato pela PPO (OLIVEIRA *et al.*, 2011). De acordo com os resultados obtidos (Tabela 4), observou-se que a amostra de mosto T4 apresentou os menores valores de *orto*-difenóis, seguida da amostra T3. Este fato pode indicar potencial diminuição da oxidação pela adição de glutaciona na etapa pré-fermentativa, tanto na forma isolada como combinada com tanino gálico.

Pesquisadores afirmam que na fase inicial das reações de oxidação, valores baixos da concentração de OD indicam redução na intensidade das reações de oxidação, que podem ser relacionadas com a aplicação dos agentes enológicos no mosto (LI; GUO; WANG, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2011). Em relação aos vinhos brancos, menores teores de OD indicam a ocorrência de processo oxidativo, com maiores níveis de escurecimento. Este fato pode ser atribuído a um avanço nas

reações de escurecimento, uma vez que a diminuição do teor de OD pode estar relacionado com a sua participação nas reações de oxidação no mosto e durante o processo de vinificação, com conseqüente formação de polímeros escuros que acarretam no escurecimento do vinho (LI; GUO; WANG, 2008). Os resultados deste estudo também demonstraram que os vinhos dos tratamentos T1 e T2, que apresentaram os menores teores de OD nos vinhos, também apresentaram os maiores índices de escurecimento (Figura 11), o que indica a possibilidade de ter ocorrido a complexação dos *orto*-difenois, o que acarretou maior escurecimento do vinho.

Cabe destacar que os vinhos provenientes dos tratamentos com adição de metabissulfito de potássio de 20% (m/v) (C), adição de metabissulfito de potássio 10% (m/v) e glutathione (20 g/hL) (T3) e com adição de metabissulfito de potássio 10% (m/v), tanino gálico (20 g/hL) e glutathione (20 g/hL) (T4), apresentaram os maiores valores de OD (Tabela 4), porém apresentaram os menores valores de escurecimento. Estes resultados demonstram haver potencial capacidade de diminuição da oxidação, devido a presença de glutathione e tanino gálico quando comparado ao tratamento com metabissulfito de potássio 20 % (m/v) usualmente utilizado na vinificação (controle). Outros pesquisadores também evidenciaram este efeito, ao adicionar diferentes concentrações de glutathione antes da fermentação do vinho espumante elaborado pelo método tradicional (WEBBER *et al.*, 2014). Os autores adicionaram 10 e 20 mg/L de glutathione no mosto e no vinho base para elaboração de espumante, e observaram que a adição de glutathione influenciou de forma positiva no teor de polifenóis e no aroma do vinho espumante quando adicionada no mosto da uva. No entanto, os pesquisadores não observaram diferença significativa na composição do espumante entre as duas concentrações adicionada de glutathione (10 ou 20 mg/L). Cabe destacar, que no presente estudo, o vinho proveniente do tratamento no mosto com adição associada de glutathione e tanino gálico (T4) também apresentou maior teor de polifenóis totais e capacidade antioxidante.

Hosry e colaboradores (2009) avaliaram o efeito da adição de diferentes concentrações de glutathione (10, 15, 20 e 30 mg/L) em vinhos brancos elaborados com a uva Chardonnay, frente ao processo de oxidação acelerada. A análise sensorial dos vinhos foi realizada com um painel de 7 avaliadores (enólogos). Os resultados demonstraram que o vinho com adição de 30 mg/L de glutathione, mesmo

sob estresse oxidativo, apresentou melhora na qualidade organoléptica quando comparado aos vinhos com menor adição de glutatona. Ferreira-Lima (2016) avaliaram o efeito da adição de glutatona em vinhos brancos no momento do engarrafamento, e observou que a glutatona exerceu um efeito protetivo para os compostos fenólicos, principalmente aqueles envolvidos nas reações oxidativas, como os ácidos hidroxicinâmicos, assim como houve diminuição do índice de escurecimento dos vinhos com adição de glutatona.

Além da adição de agentes enológicos na prevenção de oxidação de mosto e vinho, outros pesquisadores também têm avaliado o efeito de diferentes tratamentos pré-fermentativos da uva frente às reações oxidativas e escurecimento do vinho branco. Neste contexto, Ferreira-Lima e colaboradores (2016), avaliaram o impacto de diferentes intensidades de prensagem (0,5 a 2,0 bar) na obtenção do mosto de uvas brancas e observaram que a aplicação de menor pressão (0,5 – 1,0 bar) nas bagas de uva para obter o mosto acarretou em menor índice de escurecimento no vinho branco.

4.3 INFLUÊNCIA DOS AGENTES ENOLÓGICOS NO PERFIL FENÓLICO DO VINHO

O perfil de polifenóis individuais dos vinhos provenientes de mostos com adição de diferentes agentes enológicos, estão apresentados na Tabela 5. Foi possível observar que dentre os polifenóis analisados, o tirosol apresentou maiores concentrações em todas as amostras de vinhos, independente do agente enológico adicionado. O teor encontrado para o tirosol nos vinhos foi superior ao reportado em outro estudo realizado com o vinho Goethe (FERREIRA-LIMA *et al.*, 2013). O tirosol é um composto fenólico sintetizado a partir da tirosina por ação das leveduras durante o processo de fermentação alcoólica. Assim, sua presença no vinho branco pode ser relacionada aos teores de açúcares encontrados no mosto, à espécie de levedura empregada, como também ao teor de tirosina presente na uva. Pesquisadores também observaram o tirosol como polifenol predominante em alguns vinhos brancos provenientes da região de Cariñena na Espanha (PEÑA-NEIRA *et al.*, 2000).

Tabela 5 – Teor de polifenóis individuais nos vinhos provenientes dos tratamentos pré-fermentativos com adição de agentes enológicos.

mg/L	C	T1	T2	T3	T4
Ácido gálico	3,564 ^d ± 0,019	2,360 ^e ± 0,002	52,477 ^a ± 0,110	3,842 ^c ± 0,024	46,461 ^b ± 0,010
Ácido protocateico	2,230 ^{ab} ± 0,052	1,467 ^c ± 0,022	2,328 ^a ± 0,171	2,118 ^{ab} ± 0,015	2,042 ^b ± 0,007
Ácido vanílico	0,120 ^c ± 0,003	0,096 ^e ± 0,003	0,435 ^b ± 0,001	0,104 ^d ± 0,001	0,450 ^a ± 0,003
Ácido siríngico	0,153 ^a ± 0,002	0,156 ^a ± 0,004	0,132 ^b ± 0,002	0,133 ^b ± 0,009	0,110 ^c ± 0,001
Ácido elágico	2,967 ^c ± 0,09	2,347 ^d ± 0,005	3,954 ^b ± 0,036	2,883 ^c ± 0,052	4,810 ^a ± 0,014
Tirosol	70,571 ^a ± 2,211	41,427 ^d ± 1,057	64,685 ^b ± 3,242	50,490 ^c ± 0,548	53,656 ^c ± 0,144
Catequina	9,417 ^c ± 0,268	5,694 ^e ± 0,204	14,365 ^b ± 0,102	8,715 ^d ± 0,047	22,582 ^a ± 0,076
Epicatequina	6,657 ^a ± 0,265	4,013 ^d ± 0,028	5,043 ^b ± 0,125	4,437 ^c ± 0,146	4,296 ^{cd} ± 0,044
Ácido <i>t</i> -caftárico	11,026 ^d ± 0,065	10,832 ^d ± 0,109	18,765 ^b ± 0,299	15,495 ^c ± 0,004	25,654 ^a ± 0,016
Ácido cafeico	16,106 ^a ± 0,051	7,676 ^e ± 0,034	9,952 ^c ± 0,051	10,441 ^b ± 0,196	8,363 ^d ± 0,003
Ácido <i>p</i> -cumárico	0,598 ^d ± 0,006	0,696 ^c ± 0,006	0,703 ^c ± 0,007	0,858 ^a ± 0,004	0,765 ^b ± 0,012
Ácido ferúlico	0,687 ^c ± 0,006	0,733 ^a ± 0,003	0,696 ^{bc} ± 0,008	0,710 ^b ± 0,006	0,686 ^c ± 0,003
<i>t</i> -resveratrol	0,124 ^c ± 0,001	0,073 ^e ± 0,002	0,132 ^b ± 0,002	0,116 ^d ± 0,002	0,144 ^a ± 0,001
Miricetina	0,385 ^c ± 0,004	0,358 ^d ± 0,004	0,405 ^b ± 0,012	0,309 ^e ± 0,001	0,556 ^a ± 0,005
Quercetina	0,437 ^c ± 0,001	0,290 ^e ± 0,002	0,488 ^b ± 0,004	0,351 ^d ± 0,001	0,549 ^a ± 0,003

Resultados expressos como valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras de vinho Goethe (Teste de Tukey). Controle (C) metabissulfito 20% (m/v); T1) metabissulfito de potássio 10% (m/v); T2) metabissulfito de potássio 10% (m/v) e tanino gálico (20g/hL); T3) metabissulfito 10% (m/v) e glutatona (20 g/hL); T4) metabissulfito de potássio 10% (m/v), tanino gálico (20 g/hL) e glutatona (20 g/hL).

Dentre os ácidos hidroxicinâmicos presente nos vinhos observou-se que o ácido *trans*-caftárico foi o composto majoritário (Tabela 5). Este resultado está de acordo com a literatura, que demonstrou em diversos estudos ser o ácido *trans*-caftárico o ácido fenólico majoritário em vinhos brancos elaborados com diferentes variedades de uva (DE QUIRÓS *et al.*, 2009; FERREIRA-LIMA *et al.*, 2013; GÓMEZ-MÍGUEZ *et al.*, 2007). Cabe destacar que os ácidos hidroxicinâmicos são os principais substratos da enzima polifenoloxidase nas reações oxidativas que acarretam no escurecimento do vinho (LI; GUO; WANG, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2011). Dentre os vinhos avaliados, pode-se observar que as amostras C e T1 apresentaram as menores concentrações de ácido *trans*-caftárico, não havendo diferença significativa, quando comparado com os outros tratamentos, sendo que o vinho T1 também apresentou o maior índice de escurecimento (Figura 11). Em relação as amostras de vinhos T2, T3 e T4 estas apresentaram maior concentração de ácido *trans*-caftárico quando comparados ao controle. Esta maior concentração de ácido caftárico pode ser um indício de uma maior proteção contra as reações oxidativas nos vinhos elaborados com adição de outros agentes enológicos junto com a redução da concentração de sulfito.

Os vinhos T2 e T4 apresentaram elevada concentração de ácido gálico, quando comparado aos demais tratamentos, o que pode ser atribuído ao fato dos mesmos terem sido elaborados com mosto adicionado de tanino gálico, o que acarretou no elevado teor nestes vinhos. Os demais ácidos hidroxibenzoicos quantificados nos vinhos apresentaram valores próximos aos já reportados por Ferreira-Lima *et al.* (2013) para vinhos da uva Goethe.

Observou-se que a amostra de vinho T4, apresentou o maior teor de *trans*-resveratrol. Em vinhos brancos concentração de *trans*-resveratrol pode variar entre 0,05 a 7,95 mg/L (FEIJÓO *et al.*, 2008; GEROGIANNAKI-CHRISTOPOULOU *et al.*, 2006). O *trans*-resveratrol segundo pesquisadores, apresenta ação de proteção nas plantas, assim como comprovada atividade antioxidante e capacidade de inibir *in vivo* a carcinogênese em vários estágios celulares (BAUR; SINCLAIR, 2006; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b).

Com relação aos flavonóides, observou-se que, de modo geral, os teores de quercetina, catequina e epicatequina nos vinhos são semelhantes aos reportados na literatura para vinhos brancos elaborados com diferentes variedades de uvas brancas (FERREIRA-LIMA *et al.*, 2013; FERREIRA-LIMA *et al.*, 2016; LUKIĆ *et al.*,

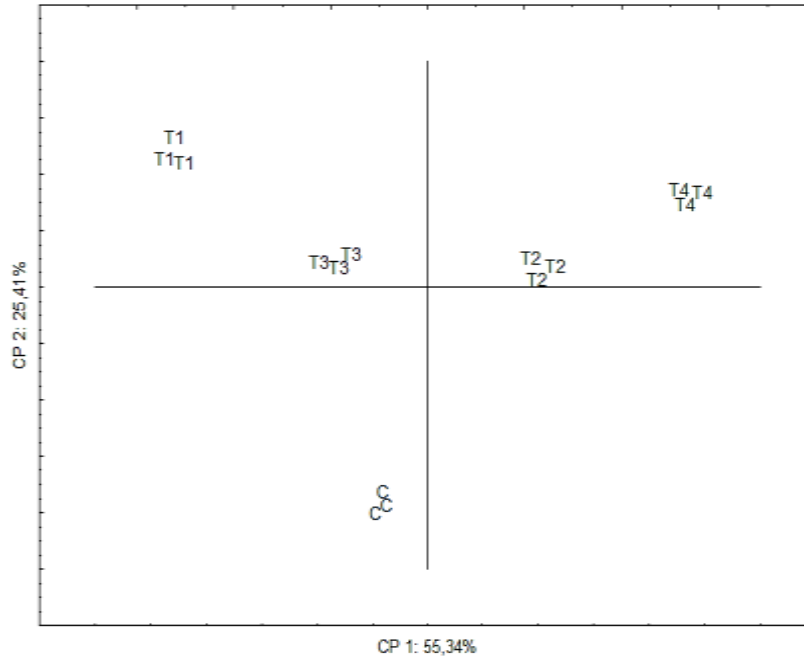
2019). Os vinhos provenientes dos tratamentos T2 e T4, com adição de tanino gálico e adição de glutathiona combinada com tanino gálico, respectivamente, apresentaram concentração significativamente superior de catequina comparado aos demais tratamentos. Este fato pode ser atribuído à ação protetora do tanino gálico e da sua combinação com glutathiona, em inibir a formação de polímeros de catequina, que também acarretam no escurecimento do vinho, originados na reação envolvendo o ácido glioxálico e o acetaldeído (SONNI *et al.*, 2011b). Além disto, o tanino gálico também apresenta atividade antioxidante (RICCI *et al.*, 2016) uma vez que atua na captura do oxigênio dissolvido no meio (NAVARRO *et al.*, 2016) e apresenta a capacidade de eliminar radicais peroxil formados das reações de oxidação (MAGALHÃES *et al.*, 2014).

4.4 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

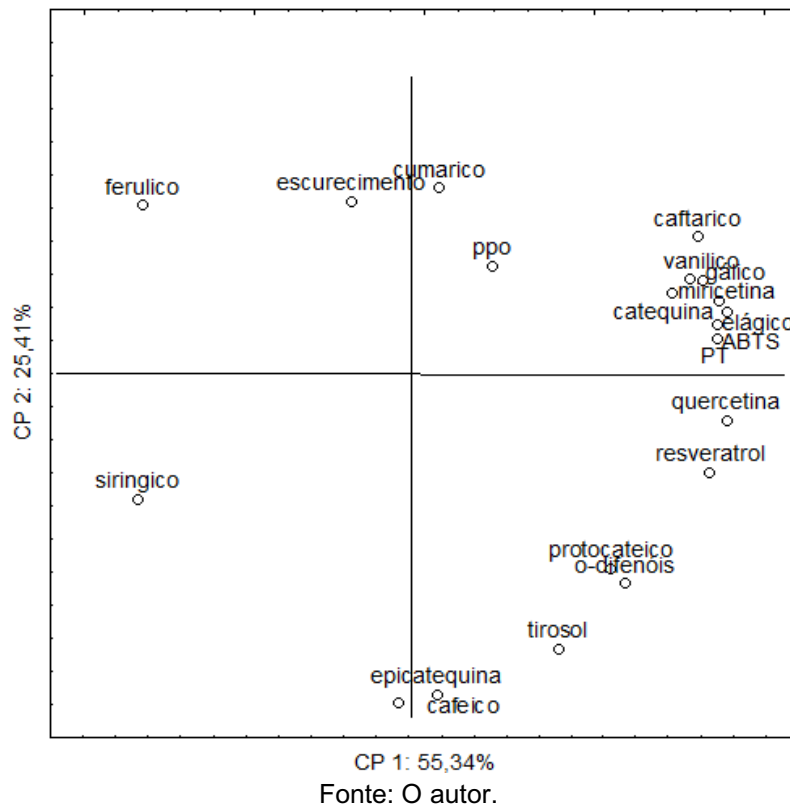
A técnica estatística multivariada de Análise de Componente Principal (ACP) foi utilizada a fim de estabelecer a influência da adição dos diferentes agentes enológicos no processo de elaboração de vinhos brancos. A ACP foi realizada com o resultado dos compostos fenólicos individuais determinados por HPLC, assim como com o teor de polifenóis totais, atividade antioxidante, *orto*-difenois, atividade da PPO e índice de escurecimento dos vinhos (Figura 12).

Figura 12 – Análise de componentes principais da composição fenólica, atividade antioxidante, índice de escurecimento dos vinhos elaborados com mostos após adição de diferentes agentes enológicos. (A) projeção das variáveis; (B) projeção das amostras de vinho.

(A)



(B)



Fonte: O autor.

Foi possível observar que os tratamentos foram separados por duas componentes (CP1 x CP2), que explicaram 80,75 % da variabilidade total dos dados. A CP1, primeira componente, representou 55,34 % da variabilidade dos dados enquanto a CP2 representou 25,41%. Observou-se que os vinhos provenientes dos mostos com adição dos diferentes agentes enológicos apresentaram uma clara separação em relação ao vinho controle quando considerada a CP2 (Figura 12 A). Em relação a CP1, foi possível observar uma separação entre as amostras de vinhos, onde os vinhos T2 e T4, que apresentam em comum a adição no mosto de tanino gálico, ficaram localizados separadamente dos demais tratamentos (Figura 12 A). Os vinhos T2 e T4, apresentaram forte correlação com o teor de polifenóis totais e atividade antioxidante, assim como também pode-se observar forte correlação dessas amostras com polifenóis totais e alguns polifenóis individuais como o *trans*-caftárico e a catequina (Figura 12 B) (CHEYNIER *et al.*, 1990; MÁRQUEZ *et al.*, 2019; WATERHOUSE; LAURIE, 2006). Assim, foi possível identificar que as amostras com aplicação de tanino gálico e tanino gálico combinado com glutathione, T2 e T4 respectivamente, apresentaram forte correlação com compostos importantes que participam das reações de oxidação como o ácido *trans*-caftárico e a catequina.

5 CONCLUSÃO

Nesse trabalho foram encontrados importantes resultados, frente a concentração de polifenóis e escurecimento do vinho, em relação a adição de diferentes produtos enológicos na etapa pré-fermentativa da elaboração em vinhos brancos da variedade de uva Goethe. A adição no mosto de uma concentração reduzida de metabissulfito de potássio, assim como a utilização combinada de metabissulfito de potássio, glutaciona e tanino gálico acarretaram em menores teores de *orto*-difenóis assim como menor índice de escurecimento dos mostos. Nos vinhos elaborados com mostos com adição de diferentes agentes enológicos, também foi possível observar maiores teores de polifenóis, como o ácido *trans*-caftárico, principal substrato das reações oxidativas, na amostra com adição combinada de metabissulfito de potássio, glutaciona e tanino gálico. Cabe ressaltar que os agentes enológicos utilizados neste estudo não influenciaram de forma negativa a composição físico-química dos vinhos, o que está de acordo com a legislação brasileira e internacional.

A análise de componentes principais demonstrou clara separação das amostras de vinho, considerando o perfil fenólico e índice de escurecimento, de acordo com o agente enológico utilizado na etapa pré-fermentativa. Foi possível observar uma forte correlação positiva entre as amostras de vinho elaborados com tanino gálico e glutaciona, com a redução da oxidação de compostos fenólicos individuais.

Estudos futuros são necessários com a aplicação de tanino gálico e glutaciona combinados a outras técnicas pré-fermentativas a fim de avaliar o efeito na oxidação do vinho branco, assim como avaliar a evolução da composição fenólica ao longo do tempo de armazenamento em garrafa.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**: teoria e prática. 5. ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, p.601, 2011.
- ARCARI, S. G.; CHAVES, E. S.; VANDERLINDE, R.; ROSIER, J. P.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Brazilian fortified wines: Chemical composition, chromatic properties and antioxidant activity. **Food Research International**, v. 53, p. 164-173, 2013.
- ARCARI, S. G. A vinificação da uva Goethe. *In*: DELLA-BRUNA, E. (Org.); HICKEL, E.; PETRY, H. B.; PERUCH, L. A. M.; BONFIM JR, M. F.; SONÊGO, M.; BACK, A. J. **Manual de produção da uva Goethe**. Florianópolis, SC: Epagri, 2021. P. 84 – 100. 2021.
- BAUR, J. A.; SINCLAIR, D. A. Therapeutic potential of resveratrol: the in vivo evidence. **Nature reviews Drug discovery**, v. 5, n. 6, p. 493-506, 2006.
- BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada N°123 de 04 de novembro de 2016. Dispõe sobre os aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em vinhos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil União**, v. 213, 2016.
- BRASIL. Instrução Normativa N° 48, de 31 de Agosto de 2018. Estabelece a Complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade do Vinho e Derivados da Uva e do Vinho. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil União**, v.173, 2018.
- BRUNA, E. D., ARCARI, S. G., PETRY, H. B. A videira ‘Goethe’ e seus clones nos Vales da Uva Goethe. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.29, n.2, p.53-57, maio/ago. 2016
- BOROSKI, M.; VISENTAINER, J. V.; COTTICA, S. M.; MORAIS, D. R. **Antioxidantes Princípios e Métodos Analíticos**, Curitiba, Appris, 2015.
- BUIARELLI, F.; COCCIOLI, F.; MEROLLE, M.; JASIONOWSKA, R.; TERRACCIANO, A. Identification of hydroxycinnamic acid–tartaric acid esters in wine by HPLC–tandem mass spectrometry. **Food Chemistry**, v. 123, n. 3, p. 827–833, 2010.
- BURIN, V. M.; FERREIRA-LIMA, N. E.; PANCERI, C. P.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* grapes: Evaluation of different extraction methods. **Microchemical Journal**, v.114, p.155-163, 2014a.
- BURIN, V. M. **Processo de clarificação do mosto**: Influência na composição fenólica, nitrogenada e no perfil volátil de vinhos. Compostos heterocíclicos N, S, O, glutatona aminoácidos, contribuição para o ‘Bouquet’. 2014. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014b.

CAGLIARI, V.; BURIN, V. M.; ROSIER, J. P.; BORDIGOUN-LUIZ, M. T. Aromatic profile of Brazilian sparkling wines produced with classical and innovative grape varieties. **Food Research Internacional**, v. 62, p. 965-973, 2014.

CHEN, K.; ESCOTT, C.; LOIRA, I.; DEL FRESNO, J. M.; MORATA, A.; TESFAYE, W.; CALDERON, F.; BENITO, S.; SUÁREZ-LEPE, J. A. The effects of pre-fermentative addition of oenological tannins on wine components and sensorial qualities of red wine. **Molecules**, v. 21, n. 11, p. 1445, 2016.

CHEYNIER, V.; RIGAUD, J.; SOUQUET, J. M.; DUPRAT, F.; MOUTOUNET, M. Must Browning in relation to the behavior of phenolic compounds during oxidation. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 41, p. 346-349, 1990.

CILLIERS, J. J. L.; SINGLETON, V. L. Nonenzymic Autoxidative Phenolic Browning Reactions in a Caffeic Acid Model System. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 37, n. 4, p. 890-896, 1989.

CLARK, A. C.; PRENZLER, P. D.; SCOLLARY, G. R. The role of copper (II) in the bridging reactions of (+)-catechin by glyoxylic acid in a model white wine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 6204-6210, 2003.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**, Tradução de Adriano Brandelli. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

DANILEWICZ, J. C. Interaction of sulfur dioxide, polyphenols, and oxygen in a wine-model system: Central role of iron and copper. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 58, n. 1, p. 53-60, 2007.

DE QUIRÓS, A. R. B.; LAGE-YUSTY, M. A.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J. HPLC-analysis of polyphenolic compounds in Spanish white wines and determination of their antioxidant activity by radical scavenging assay. **Food Research Internacional**, v. 42, n. 8, p. 1018-1022, 2009.

DES GACHONS, C. P.; TOMINAGA, T.; DUBOURDIEU, D. Localization of s-cisteína conjugates in the berry: effect of skin contact on aromatic potential of *Vitis vinifera* L. cv, Sauvignon blanc must. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 50, p. 144-146, 2002.

EMBRAPA. **Indicações Geográficas de Vinhos do Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/indicacoes-geograficas-de-vinhos-do-brasil/>. Acesso em: 03. maio. 2022.

ESCOBAL, A.; IRIONDO, C.; LABORRA, C.; ELEJALDE, E.; GONZALES, I. Determination of acids and volatile compounds in red Txakoli wine by highperformance liquid chromatography and gas chromatography. **Journal of chromatography A**, v. 823, n. 1-2, p. 349-354, 1998.

FEIJÓO, O.; MORENO, A.; FALQUÉ, E. Content of trans-and cis-resveratrol in Galician white and red wines. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 8, p. 608-613, 2008.

FERNÁNDEZ-ZURBANO, P.; FERREIRA, V.; ESCUDERO, A.; CACHO, J. Role of hydroxycinnamic acids and flavanols in the oxidation and browning of white wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4937-4944, 1998.

FERREIRA-LIMA, N. E.; BURIN, V. M.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Characterization of Goethe white wine: influence of diferente storage conditions on the wine evolution during aging. **European Food Research Technology**, v. 237, n. 4, p. 509-520., 2013.

FERREIRA-LIMA, N. E.; BURIN, V. M.; CALIARI, V.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Impact of pressing conditions on the phenolic composition, radical scavenging activity and glutathione content of Brazilian *Vitis vinifera* white wines and evolution during bottle ageing. **Food and Bioprocess Technology**, v. 9, n. 6, p. 944-957, 2016.

FERREIRA-LIMA, N. E. **Influência das condições de prensagem do mosto e da adição de glutathione em vinhos brancos**. Síntese, identificação, elucidação de estrutura de adutos formados em reação de oxidação de vinhos brancos. 2016. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

FERRER-GALLEGO, R.; PUXEU, M.; NART, E.; MARTÍN, L.; ANDORRÀ, I. Evaluation of Tempranillo and Albariño SO₂-free wines produced by different chemical alternatives and winemaking procedures. **Food Research International**, v. 102, p. 647-657, 2017.

FLANZY, M.; AUBERT, S. Évaluation des Composés Phénoliques des Vins Blancs. **Annals Technologie Agricole**, v. 18, p. 27-44, 1969.

GARRIDO, J.; BORGES, F. Wine and grape polyphenols - A chemical perspective, **Food Research International**, v. 54, p.1844-1858, 2013.

GEROGIANNAKI-CHRISTOPOULOU, M.; ATHANASOPOULOS, P.; KYRIAKIDIS, N.; GEROGIANNAKI, I. A.; SPANOS, M. trans-Resveratrol in wines from the major Greek red and white grape varieties. **Food Control**, v. 17, n. 9, p. 700-706, 2006.

GIACOSA, S.; SEGADE, S. R.; CAGNASSO, E. CAUDANA, A.; ROLLE, L.; GERBI, V. SO₂ in Wines: Rational Use and Possible Alternatives. *In*: MORATA, A. **Red Wine Technology**, p. 309-321, 2019.

GÓMEZ-MÍGUEZ, M. J.; CACHO, J. F.; FERREIRA, V.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Volatile components of Zalema white wines. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1464-1473, 2007.

GRANATO, D.; NUNES, D. **Análises químicas, propriedades funcionais e controle de qualidade de alimentos e bebidas: uma abordagem teórico-prática**. Rio de Janeiro, Elsevier Brasil, 2017, 576p.

GUERRERO, R. F.; CANTOS-VILLAR, E. Demonstrating the efficiency of sulphur dioxide replacements in wine: A parameter review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 41, n.1, p. 1-17, 2014.

HAGERMAN, A. E., RIEDL, K. M., RICE, R. E., JONES, G. A., SOVIK, K. N.; RICHARD, N. T. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, p.1887–1892, 1998.

HASLAM, E. Vegetable tannins — Lessons of a phytochemical lifetime. **Phytochemistry**, v.68, p. 2713–2721, 2007.

HASSE, G. Vinícolas de Santa Catarina resgatam uva Goethe. **Revista Globo Rural**, Brasil. 2011. Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI222678-18291,00-VINICOLAS+DE+SANTA+CATARINA+RESGATAM+UVA+GOETHE.html>. Acesso em: 05. out. 2019.

HOSRY, L. E.; AUEZOVA, L.; SAKR, A.; HAJJ-MOUSSA, E. Browning susceptibility of white wine and antioxidant effect of glutathione. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n. 12, p. 2459–2463, 2009.

IZQUIERDO-CAÑAS, P. M.; MENA-MORALES, A.; PÉREZ-NAVARRO, J.; GARCÍA-ROMERO, E.; CEJUDO-MARTÍN DE ALMAGRO, M.; GURI-BAIGET, S.; MALLÉN-POMES, J. Saturation of grape musts with CO₂: A technique to reduce the use of SO₂ in white wines. **LWT**. v. 152, p.112318, 2021.

JACKSON, R. S. **Wine Science: Principle and Application**, California: Academic Press, 3 ed., 2008, 751 p.

JIN, X.; WU, X.; LIU, X., LIAO, M. Varietal heterogeneity of textural characteristics and their relationship with phenolic ripeness of wine grapes. **Scientia Horticulturae**, v. 216, p. 205-214, 2017.

LARCHER, R.; TONIDANDEL, L.; VILLEGAS, T. R.; NARDIN, T.; FEDRIZZI, B.; NICOLINI, G. Pre-fermentation addition of grape tannin increases the varietal thiols content in wine. **Food chemistry**, v. 166, p. 56-61, 2015.

LERMA, N. L.; PEINADO, J.; MORENO, J.; PEINADO, R. A. Antioxidant activity, browning and volatile Maillard compounds in Pedro Ximénez sweet wines under accelerated oxidative aging. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 1557-1563, 2010.

LI, H.; GUO, A.; WANG, H. Mechanisms of oxidative browning of wine. **Food Chemistry**, v. 108, n. 1, p. 1–13, 2008.

LOSADA, M. M.; ANDRÉS, J.; CACHO, J.; REVILLA, E.; LÓPEZ, J. F. Influence of some prefermentative treatments on aroma composition and sensory evaluation of white Godello wines. **Food Chemistry**, v. 125, p. 884-891, 2011.

LUKIĆ, K.; VUKUŠIĆ, T.; TOMAŠEVIĆ, M.; ĆURKO, N.; GRACIN, L.; GANIĆ, K. K. The impact of high voltage electrical discharge plasma on the chromatic characteristics and phenolic composition of red and white wines. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 53, p. 70-77, 2019.

MAGALHÃES, L. M.; RAMOS, I. I.; REIS, S.; SEGUNDO, M. A. Antioxidant profile of commercial oenological tannins determined by multiple chemical assays. **Australian journal of grape and wine research**, v. 20, n. 1, p. 72-79, 2014.

MAKHOTKINA, O.; KILMARTIN, P. A. Uncovering the influence of antioxidants on polyphenol oxidation in wines using an electrochemical method: Cyclic voltammetry. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 633, n. 1, p. 165-174, 2009.

MARCHANTE, L.; LOARCE, L.; IZQUEIRO-CAÑAS, P. M.; ALAÑÓN, M. E.; GARCÍA-ROMERO, E.; PÉREZ-COELLO, M. S.; DÍAZ-MAROTO, C. Natural extracts from grape seed and stem by-products in combination with colloidal silver as alternative preservatives to SO₂ for White wines: Effects on chemical I composition and sensorial properties. **Food Research International**, v. 125, p. 108594, 2019.

MÁRQUEZ, K.; CONTRERAS, D.; SALGADO, P.; MARDONES, C. Production of hydroxyl radicals and their relationship with phenolic compounds in white wines. **Food Chemistry**, v. 271, p. 80-86, 2019.

MATO, I.; SUÁREZ-LUQUE, S.; HUIDOBRO, J. F. Simple determination of main organic acids in grape juice and wine by using 139 capillary zone electrophoresis with direct UV detection. **Food Chemistry**, v. 102, p. 104-112, 2007.

MARIOT, E. J. **A uva Goethe símbolo da vitivinicultura da região de Urussanga, Santa Catarina**, Camboriú, 2003. Disponível em: <<http://www.bu.ufsc.br/cac/uvagoethe.pdf>>. Acesso em: 07. jun. 2019.

MORENO-ARRIBAS, M. V.; POLO, M. C. **Wine Chemistry and Biochemistry**. 1. Ed. Springer Science, New York, USA, 2009, 745p.

NAVARRO, M.; KONTOUDAKIS, N.; GIORDANENGO, T.; GÓMEZ-ALONSO, S.; GARCÍA-ROMERO, E.; FORT, F.; CANALS, J. M.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; ZAMORA, F. Oxygen consumption by oak chips in a model wine solution; Influence of the botanical origin, toast level and ellagitannin content. **Food chemistry**, v. 199, p. 822-827, 2016.

OIV. Office International de la Vigne et du Vin. **International standard for the labeling of wines**, Paris, 2015.

OIV. Office International de la Vigne et du Vin. **Compendium of international methods of wine and must analysis**, v. 1-2, Paris, 2016.

OLIVEIRA, C. M.; FERREIRA, A. C. S.; De FREITAS, V.; SILVA, A. M. Oxidation mechanisms occurring in wines. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1115-1126, 2011.

PALMA, M.; BARROSO, C. G. Ultrasound-assisted extraction and determination of tartaric and malic acids from grapes and winemaking by-products. **Analytica Chimica Acta**, v. 458, p. 119-130, 2002.

PANCERI, C. P. **Impacto do processo de desidratação de uvas em ambiente controlado sobre a composição volátil e fenólica de uvas e vinhos**. 2017. 203 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

PASTOR, R. F.; GARGANTINI, M. R.; MURGO, M.; PRIETO, S.; MANZANO, H.; ARUANI, C.; QUINI, C. I.; COVAS, M. I.; LERMOLI, R. H. Enrichment of Resveratrol in Wine through a New Vinification Procedure. **Journal of Life Sciences**. p. 327-333, 2015.

PEÑA-NEIRA, A.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA-VALLEJO, C.; ESTRELLA, I.; SUAREZ, J.A. A survey of phenolic compounds in Spanish wines of different geographical origin. **European Food Research and Technology**, v. 210, p. 445-448, 2000.

PROGOETHE. **Associação dos Produtores da Uva e do Vinho Goethe**. 2019. Disponível em: <http://www.progoethe.com.br/>. Acesso em: 03. out. 2019.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free radical biology and medicine**, v. 26, p. 1231-1237, 1999.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A. **Handbook of Enology: Volume 1, The Microbiology of Wine and Vinifications**, West Sussex, UK: Wiley & Sons, 2006a, 451p.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Handbook of Enology – vol. 2: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments**, West Sussex, UK: Wiley & Sons, 2006b, 497p.

RICCI, A.; OLEJAR, K. J.; PARPINELLO, A. U.; MATTIOLI, A. U.; TESLIÇ, N.; KILMARTIN, P. A.; VERSARI, A. Antioxidant activity of commercial food grade tannins exemplified in a wine model. **Food Additives & Contaminants**, v. 33, n. 12, p. 1761-1774, 2016.

ROBICHAUD, J. L.; NOBLE, A. C. Astringency and bitterness of selected phenolics in wine. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 53, p. 343-353, 1990.

SÁNCHEZ-PALOMO, E.; ALONSO-VILLEGAS, R.; GONZÁLEZ VIÑAS, M. A. Characterisation of free and glycosidically bound aroma compounds of La Mancha Verdejo white wines. **Food Chemistry**, v.173, p. 1195-1202, 2015.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p 144-158, 1965.

SINGLETON, V. Oxygen with phenols and related reactions in musts, wines, and model systems : observations and practical implications. **American journal of enology and viticulture**, v. 38, n. 1, p. 69–77, 1987.

SIOUMIS, N.; KALLITHRAKA, S.; MAKRIS, D. P.; KEFALAS, P. Kinetics of browning onset in white wines: influence of principal redox-active polyphenols and impact on the reducing capacity. **Food Chemistry**, v. 94, n. 1, p. 98–104, 2006.

SOARES, D. G.; ANDREAZZA, A. C.; SALVADOR, M. Sequestering Ability of Butylated Hydroxytoluene, Propyl Gallate, Resveratrol, and Vitamins C and E against ABTS, DPPH, and Hydroxyl Free Radicals in Chemical and Biological Systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 10, p. 1077-1080, 2003.

SONNI, F.; BASTANTE, M. J. C.; CHINNICI, F.; NATALI, N.; RIPONI, C. Replacement of sulfur dioxide by lysozyme and oenological tannins during fermentation: Influence on volatile composition of white wines. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 4, p. 688-696, 2009.

SONNI, F.; CHINNICI, F.; NATALI, N.; RIPONI, C. Pre-fermentative replacement of sulphur dioxide by lysozyme and oenological tannins: Effect on the formation and evolution of volatile compounds during the bottle storage of white wine. **Food Chemistry**, v. 129, p. 1993-1200, 2011a.

SONNI, F.; MOORE, E. G.; CLARK, A. C.; CHINNICI, F.; RIPONI, C.; SCOLLARY, G. R. Impact of glutathione on the formation of methylmethine and carboxymethine-bridge (+)- catechin dimers in a model wine system. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 7410-7418, 2011b.

TOMASEVIC, M.; GRACIN, L.; CURKO, N.; GANIC, K. K. Impact of pre-fermentative maceration and yeast strain along with glutathione and SO₂ additions on the aroma of *Vitis vinifera* L. Posip wine and its evaluation during bottle aging. **LWT- Food Science and Technology**, v. 81, p. 67-76, 2017.

TONIETTO, JORGE. O conceito de denominação de origem como agente promotor da qualidade dos vinhos. *In: Embrapa Uva e Vinho-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO MINEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA*, 1., 2002, Andradas, MG. Viticultura e Enologia: atualizando conceitos. Caldas: EPAMIG, 2002, 2002.

TOSI, E.; FEDRIZZI, B.; AZZOLINI, M.; FINATO, F.; SIMONATO, B.; ZAPPAROLI, G. Effects of noble rot on must composition and aroma profile of Amarone wine produced by the traditional grape withering protocol. **Food Chemistry**, v. 130, p. 370-375, 2012.

TRAVERSO-RUEDA, S.; SINGLETON, V. L. Catecholase activity in grape juice and its implications in winemaking. **American journal of enology and viticulture**, v.24, n. 3, 1973.

VALLY, H.; MISSO, N. L.; MADAN, V. Clinical effects of sulphite additives. **Clinical & Experimental Allergy**, v. 39, p. 1643-1651, 2009.

VELLOSO, C. Q. **Indicação geográfica e desenvolvimento territorial sustentável: A atuação dos atores sociais nas dinâmicas de desenvolvimento territorial a partir da ligação do produto ao território (Um estudo de caso em Urussanga, SC).** 2008. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

VIGNAULT, A.; GONZÁLEZ-CENTENO, M. R.; PASCAUL, O.; GOMBAU, J.; JOURDES, M.; MOINE, V.; ITURMENDI, N.; CANALS, J. M.; ZAMORA, F.; TEISSEDRE, P. L. Chemical characterization, antioxidant properties and oxygen consumption rate of 36 commercial oenological tannins in a model wine solution. **Food Chemistry**, v. 268, p. 210-219, 2018

VIVC. **Vitis International Variety Catalogue**, 2019. Disponível em: <<http://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=4851>>. Acesso em: 01. out. 2019.

WATERHOUSE, A. L. Wine Phenolics. *In: Annals New York Academy of Science*, New York Academy of Science, New York, 2002.

WATERHOUSE, A. L.; LAURIE, V. F. Oxidation of wine phenolics: A critical evaluation and hypotheses. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 57, n. 3, p. 306–313, 2006.

WEBBER, V.; DUTRA, S.V.; SPINELLI, A.R.M.; CARNIELI, G.J.; VANDERLINDE, R. Effect of glutathione addition in sparkling wine. **Food Chemistry**, v. 159, p.391–398, 2014.

WEBBER, V.; DUTRA, S.V.; SPINELLI, A.R.M.; CARNIELI, G.J.; CARDOSO, A.; VANDERLINDE, R. Effect of glutathione during bottle storage of sparkling wine. **Food Chemistry**, v. 216, p. 254-259, 2017.