



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

MARIANA FERNANDES ALMEIDA

**IMPACTO DAS PRÁTICAS DE TERMOVINIFICAÇÃO E
ADIÇÃO DE CHIPS DE CARVALHO NA QUALIDADE DO
VINHO TINTO ‘CABERNET SAUVIGON’**

UFBA

SALVADOR

2023



MARIANA FERNANDES ALMEIDA

**IMPACTO DAS PRÁTICAS DE TERMOVINIFICAÇÃO E
ADIÇÃO DE CHIPS DE CARVALHO NA QUALIDADE DO
VINHO TINTO ‘CABERNET SAUVIGON’**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (PGAl) da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Dra. Aline Telles Biasoto Marques

Orientador

UFBA

SALVADOR

2023

Dados internacionais de catalogação-na-publicação
(SIBI/UFBA/Biblioteca Universitária Reitor Macedo Costa)

Almeida, Mariana Fernandes.

Impacto das práticas de termovinificação e adição de chips de carvalho na qualidade do vinho tinto “Cabernet Sauvignon” / Mariana Fernandes Almeida. - 2023.
84 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Aline Telles Biasoto Marques.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Farmácia, Salvador, 2023.

1. Alimentos - Análise. 2. Alimentos - Composição. 3. Uva - Cultivo - Garanhuns (PE). 4. Vinho e vinificação - Análise. 5. Compostos bioativos. I. Marques, Aline Telles Biasoto. II. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Farmácia. III. Título.

CDD - 641.22

CDU - 663.2



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS



TERMO DE APROVAÇÃO

MARIANA FERNANDES ALMEIDA

IMPACTO DAS PRÁTICAS DE TERMOVINIFICAÇÃO E ADIÇÃO DE CHIPS DE CARVALHO NA QUALIDADE DO VINHO TINTO 'CABERNET SAUVIGNON'

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (nível Mestrado Acadêmico) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciência de Alimentos.

Aprovada em 14 de abril de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



ALINE TELLES BIASOTO MARQUES
Data: 14/04/2023 14:21:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr^a. ALINE TELLES BIASOTO MARQUES (ORIENTADORA)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Meio Ambiente, SP)

Documento assinado digitalmente



ANA PAULA ANDRÉ BARROS
Data: 14/04/2023 15:05:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr^a. ANA PAULA ANDRÉ BARROS (EXAMINADORA)
Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF- Sertão, PE)

Documento assinado digitalmente



CAROLINA OLIVEIRA DE SOUZA
Data: 16/04/2023 09:07:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr^a. CAROLINA OLIVEIRA DE SOUZA (EXAMINADORA)
Universidade Federal da Bahia (UFBA, BA)

*A Deus, meu guia e protetor, que nunca me deixa
desanimar e perder a fé.*

*Aos meus filhos, que deram um sentido especial à
minha existência.*

Dedico.

*“O vinho é a prova constante de que Deus nos ama
e nos deseja ver felizes”
(Benjamin Franklin)*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado força de vontade, saúde, paciência e capacidade para chegar até aqui.

A Universidade Federal da Bahia e ao Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos (PGALI) pela oportunidade de uma pós-graduação gratuita e de qualidade, e a todos os professores pela troca do conhecimento.

À Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida (nº do processo: 88887.507482/2020-00), por todo o apoio a educação e ao desenvolvimento da ciência e tecnologia.

A Dra. Aline Telles Biasoto Marques, que me recebeu na Embrapa Semiárido de Petrolina, por ter aceitado que eu fizesse parte do projeto, pela orientação e transmissão de seu vasto conhecimento sobre o assunto. Tenha certeza de que aprendi muito nessa etapa da minha vida acadêmica e a terei sempre como grande exemplo de profissional e de pessoa.

Aos profissionais da Embrapa que trabalharam no projeto e aos colegas do grupo de pesquisa do Laboratório de Enologia pela troca de conhecimentos e apoio, aprendi muito com todos.

A todos os professores que passaram pela minha vida acadêmica, principalmente a Ma. Emili Abraham e o Dr. Saulo Luis Capim, que hoje são meus amigos, o apoio de vocês foi fundamental, sem vocês eu não teria conseguido.

Ao meu amigo irmão, Me. Henrique Cardoso, que nunca me deixa desistir, um verdadeiro anjo em minha vida.

A Edlaine Santos, a nossa Nina, a babá dos meus filhos, quem possibilitou que eu viajasse tranquila para a realização da pesquisa pois sabia que eles estavam em ótimas mãos.

Aos amigos que fiz durante esta jornada na UFBA e EMBRAPA, principalmente a Lucas Santos, Clariane Teixeira e Deise Azevedo, que com muito senso de humor contribuíram a levar esses anos de estudo com mais leveza.

Agradeço aos meus pais, Raimundo Almeida e Marizélia Fernandes, e a minha avó, Noélia Fernandes, por sempre estarem ao meu lado, fazendo de tudo para dar condições para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Posso dizer que depender das pessoas é danoso, mas poder contar com elas é maravilhoso.

À todos vocês, meu carinho e gratidão!

RESUMO

A termovinificação e o uso de chips de carvalho, são práticas enológicas alternativas para a elaboração de vinhos tintos e possibilitam a obtenção de produtos com características diferenciadas e maiores conteúdos de compostos bioativos. Neste sentido, este trabalho avaliou o impacto da utilização das práticas de termovinificação e uso de chips de carvalho, de forma isolada e conjunta, na composição físico-química, concentração de compostos fenólicos, capacidade antioxidante e aceitabilidade sensorial de vinhos tintos produzidos a partir da cultivar Cabernet Sauvignon procedente da microrregião emergente de Garanhuns, PE. Os vinhos foram elaborados na planta piloto de Enologia da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE. Foram testados quatro tratamentos: 1) termovinificação com envelhecimento com chips de carvalho (TCC); 2) termovinificação sem envelhecimento (TSC); 3) vinificação tradicional com envelhecimento com chips de carvalho (VTCC); 4) vinificação tradicional sem envelhecimento (VTSC). Para caracterização do perfil físico-químico, realizou-se análises de pH, acidez total e volátil, extrato seco, álcool, intensidade de cor e índice de polifenóis totais. Vinte e dois compostos fenólicos foram quantificados por cromatografia líquida e detector de Arranjo de Diodos (HPLC-DAD), além do teor total de compostos fenólicos e antocianinas monoméricas, que foram determinados em espectrofotômetro. A capacidade antioxidante foi avaliada por três ensaio *in vitro* (DPPH, ABTS e FRAP). Adicionalmente, 61 consumidores avaliaram a aceitação dos vinhos utilizando escala hedônica híbrida. As características físico-químicas dos vinhos foram condizentes com os padrões de qualidade da legislação brasileira para vinho fino seco. Constatou-se que a prática de termovinificação elevou o conteúdo de compostos fenólicos, promoveu maior intensidade de cor e inibiu a atividade de bactérias acéticas proporcionando menores concentrações de acidez volátil no vinho ‘Cabernet Sauvignon’, e, desta forma, possivelmente irá proporcionar maior tempo de vida de prateleira à bebida. Entretanto, o uso associado da prática de envelhecimento do vinho com a adição de chips de carvalho, não melhorou a qualidade físico-química do vinho ‘Cabernet Sauvignon’, não proporcionou aumento no conteúdo de compostos bioativos e reduziu a média de aceitabilidade da bebida entre os consumidores. Observou-se a partir dos três ensaios realizados, uma maior capacidade antioxidante (AOX) nos tratamentos que foram submetidos a termovinificação (TCC e TSC), constatando-se que essa prática enológica também melhorou a qualidade nutracêutica do vinho. De forma geral, os vinhos foram bem aceitos pelos consumidores, ocorrendo uma maior preferência pela amostra VTSC (vinho elaborado pelo método de vinificação tradicional e sem envelhecimento com chips de carvalho).

Palavras-chave: viticultura tropical de altitude, compostos bioativos, atividade antioxidante, práticas enológicas não convencionais, teste de consumidor.

ABSTRACT

Thermovinification and the use of oak chips are alternative winemaking practices for the production of red wines, allowing for the creation of products with distinct characteristics and higher contents of bioactive compounds. In this study, the impact of using thermovinification and oak chips, both individually and in combination, on the physicochemical composition, concentration of phenolic compounds, antioxidant capacity, and sensory acceptability of red wines made from the Cabernet Sauvignon cultivar from the emerging microregion of Garanhuns, PE, was evaluated. The wines were produced at the Enology pilot plant of Embrapa Semiárido in Petrolina, PE. Four treatments were tested: 1) thermovinification with aging using oak chips (TCC); 2) thermovinification without aging (TSC); 3) traditional vinification with aging using oak chips (VTCC); 4) traditional vinification without aging (VTSC). For the characterization of the physicochemical profile, analyses of pH, total and volatile acidity, dry extract, alcohol, color intensity, and total polyphenol index were performed. Twenty-two phenolic compounds were quantified using high-performance liquid chromatography with a diode array detector (HPLC-DAD), in addition to the total content of phenolic compounds and monomeric anthocyanins, which were determined using a spectrophotometer. The antioxidant capacity was evaluated through three in vitro assays (DPPH, ABTS, and FRAP). Additionally, 61 consumers evaluated the acceptance of the wines using a hybrid hedonic scale. The physicochemical characteristics of the wines were in accordance with the quality standards established by Brazilian legislation for dry fine wines. It was observed that the thermovinification practice increased the content of phenolic compounds, promoted greater color intensity, and inhibited the activity of acetic bacteria, resulting in lower concentrations of volatile acidity in the 'Cabernet Sauvignon' wine and, thus, potentially providing a longer shelf life for the beverage. However, the combined use of wine aging with the addition of oak chips did not improve the physicochemical quality of the 'Cabernet Sauvignon' wine, did not increase the content of bioactive compounds, and reduced the average acceptability of the beverage among consumers. Based on the three assays conducted, it was observed that the treatments subjected to thermovinification (TCC and TSC) exhibited higher antioxidant capacity (AOX), indicating that this winemaking practice also improved the nutraceutical quality of the wine. Overall, the wines were well accepted by consumers, with a higher preference for the VTSC sample (wine produced using the traditional vinification method without aging with oak chips).

Keywords: *Tropical of altitude viticulture. Bioactive compounds. Antioxidant activity, Winemaking nonconventional practices. Consumer test.*

LISTA DE FIGURAS

<i>CAPÍTULO I</i>	19
Figura 1 Uvas da cultivar Cabernet Sauvignon.....	9
Figura 2 Fluxograma das principais etapas de elaboração do vinho tinto jovem pelo processo de vinificação tradicional.....	20
Figura 3 Representação das diferentes classes de compostos fenólicos.....	36
Figura 4 Estrutura de compostos fenólicos flavonóides e não-flavonóides.....	33
<i>CAPÍTULO II</i>	51
Figura 1 Resultado da avaliação da capacidade antioxidante dos vinhos tintos da cultivar Cabernet Sauvignon, procedentes de Garanhuns-PE e elaborados a partir de diferentes técnicas de vinificação.....	69
Figura 2 Análise de componentes principais (ACP) construída para discriminar o perfil de compostos fenólicos do vinho Cabernet Sauvignon de Garanhuns, PE em função do tratamento enológico testado, e avaliar o impacto das diferentes concentrações encontradas desses compostos sob a capacidade antioxidante da bebida.....	71
Figura 3 Análise de agrupamento hierárquico com mapa de calor (Heatmap) gerado a partir dos compostos fenólicos quantificados e capacidade antioxidante (ensaios DPPH*, ABTS* ⁺ e FRAP).....	74
Figura 4 Mapa de preferência estendido (EPM) construído para relacionar a preferência individual de cada consumidor com a composição físico-química do vinho Cabernet Sauvignon em função do tratamento enológico testado.....	76

LISTA DE TABELAS

<i>CAPÍTULO II</i>	51
Tabela 1 Tratamentos de vinificação efetuados para a elaboração dos vinhos tintos da cultivar Cabernet Sauvignon produzida na microrregião de Garanhuns, PE, Brasil.	56
Tabela 2 Caracterização físico-química, intensidade de cor (IC), tonalidade e índice de polifenóis totais (IPT) dos vinhos tintos da cultivar Cabernet Sauvignon, procedentes de Garanhuns-PE e elaborados a partir de diferentes técnicas de vinificação.....	63
Tabela 3 Perfil de compostos fenólicos dos vinhos tintos da cultivar Cabernet Sauvignon, procedentes de Garanhuns-PE e elaborados a partir de diferentes técnicas de vinificação.....	65
Tabela 4 Correlação de Spearman entre os compostos fenólicos identificados e a atividade antioxidante do vinho Cabernet Sauvignon de Garanhuns-PE, Brasil, mensurada pelos ensaios in vitro de DPPH [•] , ABTS ^{•+} e FRAP	70
Tabela 5 Médias de aceitação dos vinhos Cabernet Sauvignon de Garanhuns, PE após teste realizado com consumidores.. ..	77

SUMÁRIO

<i>CAPÍTULO I - Impacto das práticas de termovinificação e adição de chips de carvalho na qualidade do vinho tinto ‘cabernet sauvignon’</i>		12
1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo geral.....	16
2.2	Objetivos específicos.....	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1	Vitivinicultura brasileira.....	17
3.2	Cultivar cabernet sauvignon	18
3.3	Elaboração de vinho tinto.....	19
3.4	Prática de termovinificação	27
3.5	Prática de envelhecimento do vinho com o uso de chips de carvalho.....	28
3.6	Composição fenólica dos vinhos tintos.....	29
3.7	Propriedades antioxidantes dos compostos fenólicos dos vinhos tintos.....	34
	REFERÊNCIAS	35
<i>CAPÍTULO II - Manuscrito: Uso da termovinificação e chips de carvalho na qualidade de vinhos tintos ‘cabernet sauvignon’</i>		45

Capítulo I

Impacto das práticas de termovinificação e adição de chips de carvalho na qualidade do vinho tinto ‘Cabernet Sauvignon’

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a legislação brasileira, entende-se por vinho a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto simples da uva sã, fresca e madura. É o produto obtido pelo esmagamento ou prensagem dessas uvas, com a presença ou não de suas partes sólidas. (BRASIL, 2014). O cultivo da videira tem importância socioeconômica e cultural para diversos países. Durante o último terço do século XX, o mercado mundial do vinho tornou-se mais competitivo, principalmente com a inserção de países como Estados Unidos, Austrália, Argentina e Chile na competição pela produção de vinhos de qualidade (Bisson *et al.*, 2002).

O setor vitivinícola tem demonstrado crescimento expressivo nos últimos anos, resultante de uma potente expansão na área cultivada e das novas tecnologias geradas para produção de uvas e vinhos. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE no Brasil são cultivados cerca de 75 mil hectares, com produção anual ao redor de 1,1 milhões de toneladas de uvas (IBGE, 2020). Segundo o levantamento anual da Organização Internacional da Vinha e do Vinho – OIV, a produção de vinho no Brasil encontra-se em crescimento, destacando um aumento de produção de 60% em 2021 em relação ao ano anterior, o volume produzido da bebida gira em torno de 3,6 milhões de hectolitros (OIV, 2022).

É importante destacar que, no Brasil, desde os anos 2000, novas regiões vitivinícolas têm surgido em regiões emergentes, fora da tradicional zona de produção de vinhos, cujo clima é temperado, como o Vale do Submédio São Francisco, localizado em região de clima tropical semiárido, abrangendo municípios dos Estados da Bahia e Pernambuco, localizados no Semiárido brasileiro. Nesta região, é possível produzir vinhos com qualidade diferenciada a um custo de produção reduzido, devido a possibilidade ampliação de escala de produção das uvas ao longo do ano inteiro e colheita de duas safras/ano em uma mesma área (Nierdele; Vitrolles, 2010). Além disso, uma característica importante dos vinhos tropicais produzidos nessa região é o elevado teor de compostos fenólicos e a alta capacidade antioxidante (Oliveira *et al.*, 2017; Padilha *et al.*, 2017). Além de poderem conferir ao vinho propriedades que promovem benefícios à saúde humana, os compostos fenólicos são importantes também para a qualidade sensorial da bebida, afetando a cor, sabor, aroma, corpo, adstringência, corpo e, ainda, podem influenciar no seu tempo de vida útil (Cheynier, 2005).

O Semiárido brasileiro abrange uma área de aproximadamente 970 mil km² envolvendo 1.262 municípios de nove estados do Brasil: Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Cerca de 12% da população brasileira, ou seja, 27 milhões de pessoas vivem no Semiárido (IBGE, 2020). Além do Vale do Submédio

São Francisco, algumas microrregiões de altitude, onde o clima pode ser caracterizado como tropical de altitude, apresentam condições muito particulares que podem ser benéficas para o cultivo de videiras e produção de vinhos, incluindo aspectos de relevo que proporcionam maiores amplitudes térmicas (Brito *et al.*, 2007; Ferreira, 2008). Dentre as microrregiões de clima tropical de altitude, destaca-se o entorno do município de Garanhuns, localizada a quase 900 metros acima do nível do mar no Agreste do Estado de Pernambuco, com temperatura média anual de 20,6° C (Souza *et al.*, 2017). Nesta região, diferentes variedades de uvas tintas e brancas já estão bem adaptadas e vem sendo destinadas a elaboração de vinhos finos.

Destaca-se que os fatores edafoclimáticos no vinhedo interferem significativamente na qualidade final de um vinho. Uma grande problemática é quando as variedades de uvas tintas não conseguem alcançar a maturação ideal até o momento da colheita, devido às condições ambientais adversas. Neste caso, durante a vinificação podem ser aplicadas diferentes práticas enológicas para proporcionar melhoria da qualidade final da bebida (Guerra, 2002). Essas práticas enológicas não tradicionais já são reconhecidas pela OIV, e algumas delas podem proporcionar uma maior extração para o vinho de compostos fenólicos das uvas, originando vinhos tintos de boa qualidade e estabilidade, ainda que as uvas sejam colhidas antes de atingirem a maturação fenólica ideal. Dentre essas práticas enológicas, destaca-se a termovinificação, que consiste em um processo de aquecimento das uvas a uma temperatura em torno de 65°C por um intervalo de cerca de 2h, visando uma maior extração de compostos fenólicos, sendo amplamente utilizada em substituição a maceração tradicional, que ocorre concomitantemente a fermentação alcoólica (Guerra, 2010).

Outra prática bastante utilizada atualmente é o envelhecimento de vinhos tintos com a aplicação de chips (fragmentos) de carvalho em substituição as barricas de carvalho, (Cejudo-Bastante *et al.*, 2011). O envelhecimento do vinho em barricas de carvalho americano e/ou francês após a sua elaboração, é uma prática enológica que convencionalmente é aplicada para aprimorar a qualidade e estabilidade do vinho tinto, sendo bastante antiga e, ainda hoje, muito utilizada. Entretanto, o envelhecimento do vinho com a aplicação de chips de carvalho (americano e/ou francês) é uma prática enológica não tradicional bastante interessante, uma vez que possui um custo bem inferior e é rápida, podendo ser conduzida durante o processo de elaboração do vinho.

De acordo com a literatura, o uso de chips de carvalho para envelhecimento do vinho, promove uma série de vantagens quando aplicado no processo de elaboração de vinhos tintos jovens, que não passariam por barricas de carvalho, sendo a principal delas, a melhoria da estabilidade da cor do produto. Isto deve-se a compostos fenólicos derivados da madeira (ácidos

gálico, siríngico, vanílico, ferulico, elágico e elagitaninos), que são transferidos para o vinho reagindo com as antocianinas (Durner, 2016) e originando pigmentos mais estáveis. Além disso, também são extraídos os taninos hidrolisáveis, cuja quantidade irá depender do tempo de envelhecimento do vinho na madeira (Smith; Mcrae; Bindon, 2015). Quando utilizada em substituição a prática tradicional de envelhecimento em barricas, a utilização de chips de carvalho, segundo Cabrita *et al.* (2012), proporcionou a obtenção de resultados sensoriais semelhantes, com a vantagem da utilização de um intervalo de tempo bem inferior para envelhecer o vinho, redução de custos, e maior simplicidade de uso da técnica.

Tendo em vista a importância atual para o setor vitivinícola da prática de termovinificação e do envelhecimento com uso de chips de carvalho, o objetivo desse estudo foi avaliar pela primeira vez, o impacto da utilização conjunta dessas duas práticas enológicas não tradicionais, verificando a influência no perfil físico-químico, fenólico, capacidade antioxidante e aceitabilidade de vinhos tintos ‘Cabernet Sauvignon’, produzidos em condição de clima tropical de altitude na região emergente de Garanhuns-PE.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o impacto do uso das práticas de termovinificação e envelhecimento com chips de carvalho na qualidade de vinhos tintos tropicais de altitude elaborados a partir da cultivar Cabernet Sauvignon na microrregião de Garanhuns, PE.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o impacto das duas práticas enológicas não tradicionais, aplicadas de forma isolada e conjunta, na composição físico-química do vinho tinto ‘Cabernet Sauvignon’;
- Determinar a influência das duas práticas enológicas não tradicionais, aplicadas de forma isolada e conjunta, no perfil de compostos fenólicos do vinho tinto ‘Cabernet Sauvignon’;
- Avaliar o impacto do uso das duas práticas enológicas não tradicionais, aplicadas de forma isolada e conjunta, sob a atividade antioxidante do vinho tinto ‘Cabernet Sauvignon’;
- Avaliar a aceitabilidade junto aos consumidores do vinho tinto ‘Cabernet Sauvignon’ produzido de utilizando vinificação tradicional, termovinificação, envelhecimento com chips de carvalho, e termovinificação, envelhecimento com chips de carvalho .

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Vitivinicultura brasileira

A área plantada com videiras no Brasil, em 2020, foi de 74.826 ha, segundo dados obtidos no IBGE (2020). A área com viticultura se concentra na Região Sul que representou 73,12%, da área total do Brasil, em 2020. A maior parte da produção situa-se no Estado do Rio Grande do Sul, em zonas de clima temperado característico das tradicionais regiões vitivinícolas, com um período de repouso hibernar definido. No país a vitivinicultura também é praticada em áreas subtropicais, como nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, e em polos de viticultura tropical, localizados em Pernambuco e Bahia, onde é possível a realização de podas sucessivas, com dois e meio a três ciclos vegetativos por ano (Protas; Camargo; Melo, 2002; Vinitude, 2013).

Segundo Siqueira (2007) a produção brasileira se destaca pelos ganhos de produtividade e qualidade nas áreas mais antigas no cultivo da uva da Região Sul e pelos excelentes desempenhos dos vinhedos no semiárido nordestino a partir dos anos 1980, na região do Vale do Submédio São Francisco. Essa última região tem uma das produtividades mais altas do mundo, se destacando pela excelente qualidade das variedades de uva para consumo *in natura*, e pela boa adaptação de uvas clássicas utilizadas na produção de vinhos, tais como Syrah, Cabernet Sauvignon, Alicante Bouschet, Touriga Nacional e Tempranillo.

O Vale do Submédio São Francisco é atualmente a principal região produtora de uvas de mesa do país, concentra sua viticultura nos Estados de Pernambuco e Bahia, possuindo uma área de mais de 10.485 ha de videiras. Representa 13,85% da área vitícola nacional, sendo que destes, 10% encontram-se em fase de formação, 42% em produção crescente, 41% em plena produção e 7% em produção decrescente. A produção total da região situa-se em torno de 170 mil toneladas/ano (IBGE, 2020). Adicionalmente, com a utilização de manejo adequado da planta através da poda, uso de fito reguladores para quebra de dormência das gemas e irrigação, a época de colheita pode ser programada para qualquer dia do ano. Além disso, a região do Vale do Submédio São Francisco, situada no trópico semiárido brasileiro, em latitude 9° S, longitude 40° O e altitude em torno de 350 metros, apresenta indicadores climáticos médios de 500 mm de precipitação, temperatura média de 26 °C e 50% de umidade relativa do ar. A precipitação pluviométrica está concentrada entre dezembro e março (Protas; Camargo; Melo, 2005).

Foi publicado, na Revista da Propriedade Industrial (RPI) nº 2.704, de 1º de novembro de 2022 (BRASIL, 2022), o reconhecimento do Vale do São Francisco como Indicação de Procedência (IP) para vinhos finos, nobres, espumantes naturais e moscatel espumante,

conferindo a esta região a primeira Indicação de Procedência (IG) de vinhos de regiões tropicais do mundo, o que deve agregar valor aos vinhos, facilitar a comercialização, atrair novos investimentos e fortalecer a viticultura dessa região brasileira.

Adicionalmente ao Vale do Submédio do São Francisco, algumas microrregiões de altitude no Semiárido do Nordeste brasileiro apresentam condições edafoclimáticas muito particulares (Brito *et al.*, 2007), aspectos de relevo definem esse locais, e em virtude disto, microclimas específicos, cujos vinhos originados podem ser denominados como vinhos tropicais de altitude. Dentre as microrregiões atualmente existentes, destaca-se a Chapada Diamantina, BA e Garanhuns, PE, localizadas a quase 900 metros acima do nível do mar, com temperatura média anual em torno de 20,6° C. As características climáticas destas novas regiões estão em transição entre aquelas registradas no Vale do Submédio do São Francisco e nas regiões vitivinícolas dos estados das regiões Sul e Sudeste (Souza *et al.*, 2017).

3.2 Cultivar cabernet sauvignon

A uva ‘Cabernet Sauvignon’, considerada a rainha mundial das uvas tintas, é nativa da cidade de Bordeaux, situada na França. Ela deriva das espécies Cabernet Franc e Sauvignon Blanc, sendo caracterizada por possuir bagas menores, coloração violácea escura, acentuada quantidade de açúcares, alto teor de taninos e principalmente, pela diversidade de regiões que pode ser cultivada, já que sua casca é rígida e conseqüentemente, resistente ao ataque de patógenos (Agnol; Rizzon, 2007; Vinitude, 2013).

A variedade Cabernet Sauvignon apresenta brotação e maturação tardia, sendo relativamente vigorosa, com ramos novos de porte ereto, de média produção e elevada qualidade para vinificação. Possui cachos soltos, de formato cônico, com tamanho médio. O vinho Cabernet Sauvignon é mundialmente reconhecido pelo seu caráter varietal e geralmente tem potencial para a elaboração de vinho tinto de guarda. Caracteriza-se por apresentar cor vermelha com reflexos violáceos acentuados, riqueza em taninos, boa estrutura, corpo e complexidade aromática (Miele, 2011; Rizzon, 2002).

Figura 1 - Uvas da cultivar Cabernet Sauvignon



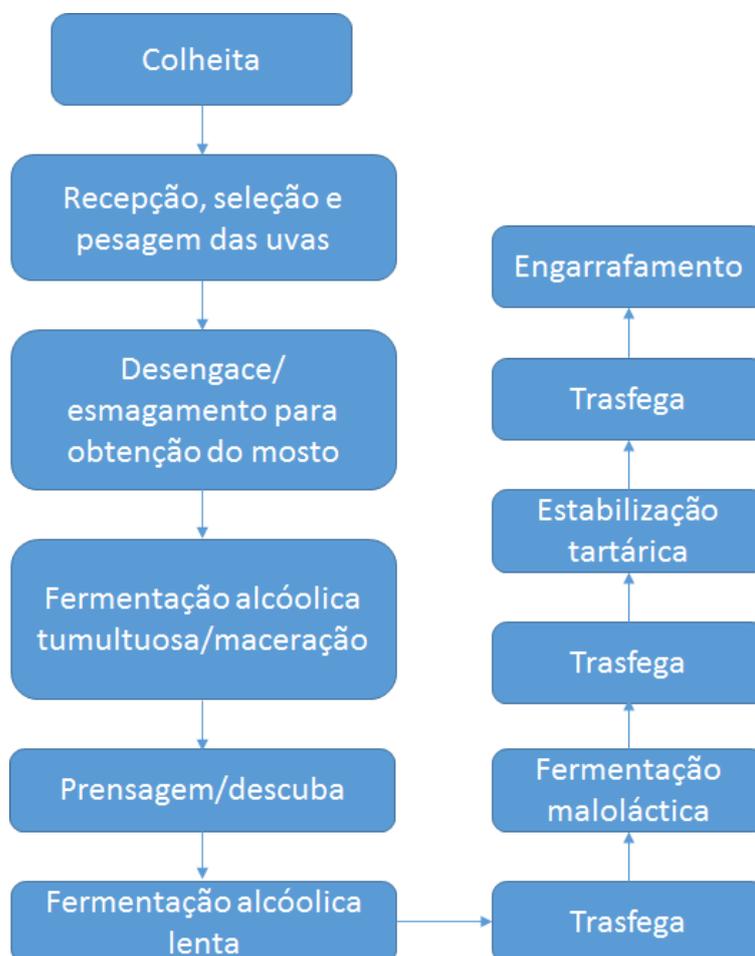
Fonte: Zanus (2020).

Dentre os países que cultivam esta variedade, estão a França, Itália, Áustria, Espanha, Portugal, Estados Unidos, Canadá, África do Sul e Brasil (Amarante, 2005; Vinitude, 2013). É uma das variedades mais cultivadas no Brasil e com maior demanda para a implantação de novos vinhedos. Foi introduzida em 1921, mas, somente após a década de 80 seu plantio foi incrementado nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Pommer, 2003).

3.3 Elaboração de vinho tinto

O processo de vinificação aplicado é crucial para definir a qualidade de um vinho, pois é por meio dele que os principais compostos poderão ser extraídos das uvas, como taninos, antocianinas, açúcares, voláteis com poder odorífero, entre outros. A quantidade e o tipo de compostos extraídos definirão as características sensoriais do vinho, ainda que sua qualidade dependa de vários fatores que vão desde a colheita da uva até a forma de armazenamento da bebida (Guerra, *et al.*, 2009). A elaboração do vinho tinto é tradicionalmente composta de várias etapas, as principais estão descritas na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma das principais etapas de elaboração do vinho tinto jovem pelo processo de vinificação tradicional.



Fonte: Adaptado de Peynaud (1997).

3.3.1 Colheita

A colheita das uvas é realizada quando o fruto atinge a maturação ideal condizente com uma quantidade de açúcares e de ácidos orgânicos satisfatórios para o processamento do vinho (Amarante, 2005; Santos *et al.*, 2007). Segundo Flanzky (2000), a maturação das uvas é o principal fator que condiciona a qualidade dos vinhos, quanto mais tardia a vindima, mais alta será a concentração de açúcares e quanto mais cedo for esta etapa, maior a quantidade de ácidos presentes no fruto, como o málico e tartárico (Mccarthy E Ewing-Mulligan, 2016). A colheita dos cachos pode ser feita de maneira mecânica ou manual. A mecânica é realizada dispondo-se de uma máquina denominada de colheitadeira mecânica e a manual é através de tesouras apropriadas onde faz-se um corte nos pedúnculos dos cachos de uvas (Guerra *et al.*, 2003).

3.3.2 Recepção, seleção e pesagem das uvas

O recebimento é o ponto de entrada da uva na vinícola, onde ocorre a pesagem das uvas para estabelecimento das dosagens de conservante, enzima pectinolítica e açúcar (no caso da necessidade de chaptalização). Algumas vinícolas possuem mesa seletora para fazer a seleção dos cachos, retirando bagas verdes e cachos em estado sanitário insatisfatório. Ao chegarem ao local de recepção da vinícola, também são geralmente mensurados os teores de sólidos solúveis e acidez total titulável das uvas (Manfroi, 2009; Venturini, 2010).

3.3.3 Desengace e esmagamento

O desengace tem como objetivo separar as bagas dos engaços (também chamados de ráquis), a fim de evitar que eles estejam presentes no momento da fermentação, pois favorece o aparecimento de gosto amargo e sensação de adstringência nos vinhos tintos devido a alta concentração de flavanóis que possuem. Essa separação é fundamental para a elaboração de um vinho tinto de qualidade. Além do desengace, a desengaçadeira proporciona um leve esmagamento das bagas de uva para liberação do mosto (Giovannini; Manfroi, 2009; Rizzon; Agnol, 2007). Nessa etapa é necessário tomar o devido cuidado para evitar a ruptura da semente, o que da mesma forma do engaço, pode promover redução da qualidade sensorial do vinho.

O esmagamento desvincula o mosto (polpa) da baga de uva através do desprendimento da película (casca), iniciando-se a ação das leveduras selvagens presentes nas películas. O principal resultado do esmagamento é auxiliar a ocorrência de uma maior extração dos compostos fenólicos e ácidos orgânicos das uvas, presentes na película (Rizzon; Agnol, 2007).

3.3.4 Maceração

A maceração é uma prática de vinificação que difere um vinho tinto de um branco. É um passo essencial, onde o mosto permanece em contato com as cascas, propiciando a extração das substâncias denominadas de antocianinas que dão a coloração do vinho tinto e, também, de outros elementos que incorporam seu buquê, é feita habitualmente em atmosfera inerte a fim de evitar perdas de pigmentos (Rizzon; Agnol, 2007).

Ela pode acontecer antes da fermentação alcoólica, durante ou após. Se ela for efetuada ao longo da fermentação é designada de curta, média ou longa. Curta se for dentro de três a seis dias, média se de sete a dez dias ou, longa se acima de dez dias (Venturini, 2010). No processo de vinificação tradicional, a maceração ocorre juntamente com a fermentação alcoólica, no qual a formação do etanol e a elevação da temperatura contribuem para a dissolução dos constituintes da parte sólida da uva (Rizzon; Agnol, 2007).

3.3.5 Fermentação alcoólica

A fermentação alcoólica é uma das etapas mais importantes do processo de vinificação, acontece ao mesmo tempo em que a maceração conforme a equação $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$. O processo fermentativo corresponde a transformação dos açúcares do mosto da uva madura (glicose e frutose) em álcool etílico, gás carbônico (CO_2) e outros compostos (glicerol, acetaldeído, ácido acético, ácido lático) pela ação das leveduras. É iniciada imediatamente após o esmagamento que promove a dispersão e o contato das leveduras existentes na pruína com o mosto fermentativo, pode ser determinada pela ação das leveduras autóctones ou de leveduras inoculadas no mosto (Rizzon; Agnol, 2007; Venturini, 2010).

O microrganismo responsável pela fermentação dos açúcares para a formação de álcool etílico é geralmente a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, sendo a mais estudada pelo fato de apresentar propriedades de osmotolerância, relativa insensibilidade a alta acidez e a baixas concentrações de oxigênio (Jackson, 2008). A temperatura na fase de fermentação não deve ultrapassar 30°C, pois não favorece as características olfato-gustativa do vinho e nem a ação das leveduras. Habitualmente, a temperatura ideal para vinhos tintos é ao redor de 25°C (Beato; Cabral, 2015; Borges, 2008; Borzani *et al.*, 2001).

Conforme o tempo de fermentação alcoólica, a quantidade de açúcares diminui e a de álcool aumenta, o que inibe as leveduras. A fermentação alcoólica é concluída quando cessa o despreendimento de dióxido de carbono e o teor de açúcar total for inferior a 3,0 g/L (Rizzon; Manfroi, 2009; Venturini, 2010). As substâncias voláteis formadas durante a fermentação alcoólica apresentam um importante papel na definição do aroma dos vinhos resultantes. A

composição aromática destes vinhos é determinada pelos constituintes voláteis provenientes das uvas e da vinificação, essencialmente trata-se de álcoois superiores, ácidos e ésteres (Flanzy, 2000).

3.3.6 Prensagem e Descuba

Visando melhor rendimento da matéria-prima, existe a possibilidade de prensagem do bagaço, resultando em um aumento de rendimento do processo de vinificação de 10% a 15% pela extração do vinho retido nos interstícios da parte sólida. (Rizzon; Agnol, 2007). A extração do mosto consiste em separar o líquido (mosto) da parte sólida da uva (película e semente) por meio da prensagem. Essa operação pode ser feita de diversas maneiras, dependendo, principalmente, do volume de uva processado e dos equipamentos disponíveis: prensas descontínuas horizontais de prato, prensas descontínuas verticais, prensas pneumáticas, esgotador dinâmico de mosto, esgotador estático de mosto (tipo poter), entre outros (Rizzon; Dall'agnol, 2009).

Após o processo de prensagem, o vinho resultante é estabilizado por trasfegas, atostos e aplicação de frio com a finalidade de atingir o estágio ideal de clarificação para ser, posteriormente, estabilizado por um período determinado.

3.3.7 Trásfega

A trásfega é o processo de troca do vinho de um recipiente para outro com a finalidade de retirar a parte superior à borra sedimentada, pois esta borra é constituída de microrganismos indesejáveis, sais insolúveis, resíduos de sementes, pectinas, leveduras, além de se tornarem um meio propício de reações químicas com formação de compostos de odor desagradável (Borzani *et al.*, 2001; Santos *et al.*, 2007).

3.3.8 Fermentação malolática

A fermentação malolática ocorre logo após a fermentação alcoólica. É a conversão de ácido málico em ácido láctico mediante a ação das bactérias lácticas. (Borzani *et al.*, 2001; Venturini, 2010). As bactérias participantes da reação podem estar presentes naturalmente no meio ou serem acrescentadas (Borges, 2008), sendo elas dos gêneros *Lactobacillus*, *Leuconostoc* e *Pediococcus* (Borzani *et al.*, 2001). Essas bactérias transformam o ácido málico em ácido láctico, promovendo maior complexidade aromática, suavidade da acidez, maciez

gustativa e enaltecimento das notas frutadas e redução da incidência de notas vegetais (Amarante, 1983; Barnabé, 2006; Guerra, 2005).

A temperatura ideal deste tipo de fermentação é entre 15 e 18°C e o pH deve estar em torno de 3 a 4, porque são condições favoráveis para as bactérias lácticas atuarem. O término da fermentação malolática é quando não há mais o desprendimento de gás carbônico, e quando o ácido málico for inteiramente degradado (Agnol, 2007; Borges, 2008; Rizzoni).

3.3.9 Estabilização tartática

Uma causa frequente da perda de estabilidade de um vinho é a formação de sais cristalinos provenientes do ácido tartárico, que na presença de cátions K^+ e Ca^{2+} podem surgir na forma de bitartarato de potássio (THK), tartarato de potássio (TK_2), tartarato de cálcio (TCa) e ainda na forma de tartromalato de cálcio (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006). No entanto, o bitartarato de potássio e, em menor grau, o tartarato de cálcio, são a causa mais comum desta instabilidade (Lasanta; Gómez, 2012). Os principais fatores que influenciam a cinética de cristalização do bitartarato de potássio no vinho são o teor alcoólico, a temperatura, o pH e o conteúdo de matéria coloidal, embora a força iônica também tenha um papel significativo (Malacarne *et al.*, 2013).

O teor de álcool presente no vinho é um fator condicionante na formação de bitartarato de potássio, pois estas duas variáveis são inversamente proporcionais, ou seja, à medida que o teor alcoólico aumenta, a solubilidade do bitartarato de potássio diminui (Ratsimba *et al.*, 1989). As temperaturas de armazenamento podem também ser decisivas no desencadeamento da cristalização do bitartarato, dado que a taxa de precipitação é maior quando o vinho é submetido a baixas temperaturas (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006; Zoecklein, 1988).

Assim, qualquer tratamento a que vinho seja sujeito, que cause alterações e aumento no valor de pH, tais como a ocorrência de uma fermentação malolática, pode provocar a precipitação de bitartarato. Esta é a principal razão pela qual a estabilidade do bitartarato de potássio deve ser verificada após o armazenamento, imediatamente antes do engarrafamento (Zoecklein, 1988). Como os cristais decantam no inverno, essa estabilização acontece naturalmente. Para acelerar o processo resfria-se o vinho até -3°C a -4°C, por um período de 8 a 10 dias, pois ele provoca a insolubilização e a precipitação dos sais, principalmente o bitartarato de potássio (Bosso *et al.*, 2015).

3.3.10 Filtração

Por filtração entende-se a passagem do vinho por um material poroso que retém as partículas sólidas do meio, deixando fluir apenas o líquido. As partículas em suspensão são eliminadas e isso deixa o vinho tinto límpido e brilhante. Os filtros são classificados em três categorias: filtro à terra, muito utilizado para se fazer a primeira filtração do vinho, filtro a placa, que podem ser de grande rendimento, intermediários ou esterelizantes, e filtro de membrana, utilizado para eliminação de leveduras e bactérias. (Rizzon; Meneguzzo, 2006).

3.3.11 Envelhecimento em barricas de carvalho

Segundo Ribéreau Gayon *et al.* (2006), a prática de fermentar e conservar vinhos em barricas de carvalho teve início no século XX em Borgonha, na França, e, durante os anos 80, espalhou-se a quase todas as regiões vitivinícolas do mundo. O envelhecimento em madeira promove uma série de vantagens, sendo a principal a estabilidade da cor vermelha dos vinhos. A estabilidade de cor deve-se aos componentes da madeira (ácido gálico, ácido siríntrico, ácido vanílico, ácido ferrulico, ácido elágico e elagitaninos), que migram das barricas para o vinho (Durner, 2016).

A caracterização da barrica está condicionada a fatores ambientais, geográficos, país e floresta de origem, clima e solo, variações inerentes à composição das macromoléculas das árvores e suas individualidades (idade, largura do cerne e composição anatômica), método de obtenção de aduelas, tipo de maturação da madeira ou secagem (natural ou artificial), tempo em que as aduelas foram expostas ao ambiente antes da barrica – “seasoning”, tempo e temperatura de queima aplicada na produção do barril, tamanho, condições de temperatura e umidade do local de armazenamento dos barris durante o envelhecimento da bebida (Mosedale; Puech, 1998). Análises sensoriais e físico-químicas demonstram as importantes diferenças entre as regiões geográficas de origem da madeira, que influencia no caráter amadeirado devido à estrutura física que influencia a cinética de extração dos compostos (Mosedale, 1995; Peyron; Davaux; Feuillat, 1995).

O processo de envelhecimento do vinho é um sistema complexo que envolve numerosas reações fundamentadas principalmente pela extração de compostos da madeira e aeração controlada. Fenômenos de migração de constituintes da madeira, evolução de compostos fenólicos, aeração/oxidação da bebida, estabilização da cor, mudanças no aroma e sabor e o surgimento do caráter amadeirado, contribuem para a riqueza e complexidade aromática do vinho (Ramirez-Ramirez, 2002). Os efeitos e tempo requeridos para a maturação são variáveis,

influenciados principalmente pelo tipo de madeira utilizada, quantidade de usos e qualidade do vinho (Parazzi *et al.*, 2008).

3.3.12 Adição de insumos enológicos

Importantes estudos tem promovido informações sobre o efeito do uso de leveduras selecionadas no perfil químico e sensorial de vinhos, principalmente no que se refere ao perfil de compostos fenólicos e características de cor. Tem-se sugerido que as borras formadas pela ação das leveduras absorvem antocianinas (Morata *et al.*, 2003) e as macromoléculas que são liberadas na autólise das leveduras podem se ligar a compostos fenólicos poliméricos, resultando em um efeito similar ao efeito obtido pelos agentes clarificantes (Sacchi; Bisson; Adams, 2005). As manoproteínas liberadas pelas diferentes espécies de leveduras foram examinadas e existem hipóteses do incremento de reações de condensação antocianina-tanino, resultando em um decréscimo da adstringência do vinho (Escot *et al.*, 2001). De uma forma geral, técnicas alternativas de vinificação são aplicadas com o objetivo de otimizar a extração fenólica e a extração de outros compostos químicos que responderão de forma positiva no perfil sensorial dos vinhos produzidos. Além disso, podem contribuir para a melhoria de características nutricionais como o aumento da capacidade antioxidante (Yamamoto *et al.*, 2015).

3.3.13 Engarrafamento

O engarrafamento é realizado por máquinas enchedoras que preenchem com uma quantidade fixa de volume em garrafas geralmente de coloração escura e volume de 750mL. A coloração dos recipientes de envasamento deve ser escurecida, verde ou castanha, evitando a penetração da luz e conseqüente degradação dos compostos fenólicos da bebida (Santos *et al.*, 2007). Durante essa etapa muitas vezes é injetado gás nitrogênio para expulsar o oxigênio da garrafa, evitando oxidação do vinho dentro do recipiente (Dardeau, 2002; Guerra *et al.*, 2005). O fechamento pode ser com tampas metálicas rosqueáveis, rolhas de cortiça naturais ou sintetizadas (Venturini, 2010).

3.4 Prática de termovinificação

A utilização da termovinificação em substituição a maceração tradicional concomitante com a fermentação alcoólica, tem sido um processo frequentemente utilizado com o objetivo de melhorar a extração dos compostos fenólicos da uva. Esta técnica consiste em submeter as uvas desengaçadas e esmagadas a uma temperatura de até 70 °C por um curto período de aproximadamente 30 a 120 minutos, seguido de resfriamento do mosto até a temperatura ambiente e prensagem (Kelebek *et al.*, 2007). A aplicação de altas temperaturas no processo de vinificação pode resultar na degradação de alguns compostos químicos de elevada instabilidade como as antocianinas e, ao mesmo tempo, promover o aumento da extração de outros compostos como os flavonóis. O uso de altas temperaturas também proporciona a redução da população de microrganismos, incluindo aqueles indesejáveis, e inibi a ação de enzimas, como a polifenoloxidase e a lacase. Outras vantagens da prática é aumentar o rendimento de extração do mosto e diminuir o tempo de fermentação alcoólica (Andrade Neves; Pantoja; Dos Santos, 2014; Wang *et al.*, 2016).

O calor aplicado na termovinificação irá promover a ruptura das células das paredes celulares das uvas e as antocianinas e os taninos serão facilmente liberados para o mosto, juntamente com outros compostos fenólicos presentes na uva (Auw *et al.*, 1996) pois ao longo do processo tradicional de vinificação, muitas vezes apenas cerca de 20% a 40% das antocianinas e dos taninos, respectivamente, são transferidos para o vinho (Cerpa-Calderon; Kennedy, 2008). A extração limitada desses compostos durante a maceração tradicional é devido à falta de permeabilidade das paredes celulares das uvas nas quais esses compostos estão inseridos (Pinelo; Arnous; Meyer, 2006).

El Darra *et al.* (2016) citaram a influência da termovinificação nos atributos qualitativos e quantitativos do mosto de uvas tintas durante a fermentação alcoólica. Os autores mencionaram que a termovinificação proporcionou o aumento de aproximadamente 41% do IPT. Diante do que foi relatado, é relevante sugerir que os vinhos termovinificados apresentem elevada atividade antioxidante devido à maior extração de compostos fenólicos, visto que a relação entre tal propriedade e tais compostos já é conhecida (Atanackovic *et al.*, 2012; Nixdorf; Hermosín-Gutiérrez, 2010).

Nesse contexto, a termovinificação se apresenta como uma técnica alternativa que promove o aumento da extração de compostos fenólicos, possibilitando originar vinhos com melhor estrutura e cor e, portanto, de melhor estabilidade. O sucesso da prática está ligado a diversos fatores, como a qualidade da uva, temperatura e tempo de aplicação das condições e

adaptação da variedade de uva ao processo, que varia consideravelmente (Baiano *et al.*, 2016; Geffroy *et al.*, 2015).

3.5 Prática de envelhecimento do vinho com o uso de chips de carvalho

O carvalho é a madeira mais indicada para a fabricação de barricas, devido à estrutura das fibras que geram resistência mecânica, flexibilidade, porosidade e dureza, além de conferir características sensoriais peculiares que agregam qualidade à bebida (LES CAHIERS ITINERAIRES D'ITV FRANCE, 2003). O carvalho é representado por mais de 250 espécies no mundo, situadas majoritariamente nas zonas temperadas no hemisfério norte do planeta. Para a confecção de barris, são utilizadas predominantemente as espécies: carvalho peduncular (*Quercus robur* Linn, *Quercus pedunculata* Ehrh.), carvalho séssil (*Quercus petraea* Liebl, *Quercus sessiliflora* Sm.), carvalho branco americano (*Quercus alba* L.) e o vermelho da América do Norte (*Quercus rubra*) (Chatonnet; Dubourdieu, 1998).

Atualmente, a adição de chip de carvalho tem sido uma alternativa econômica de substituição ao tradicional processo de envelhecimento em barricas. A utilização de fragmentos de madeira de carvalho durante a elaboração de vinhos para seu envelhecimento rápido, foi regulamentada em 2005 pela OIV através da Resolution Oeno 3/2005, tendo esta norma sido transposta para a regulamentação comunitária pelo Regulamento (CE) nº 2165/2005 do Conselho de 20 de dezembro e pelo Regulamento (CE) nº 1507/2006 da Comissão de 11 de outubro (Eiriz, 2007).

A forma de adição dos chips, dose utilizada e tempo de adição provocam significativa influência na composição química e sensorial do vinho (Sánchez-Palomo *et al.*, 2017). Os valores sugeridos de adição de chip situam-se em torno de até 20g L⁻¹ para vinhos tintos, dependendo do formato e grau de tostagem (Jackson, 2014). Em geral, a quantidade utilizada nos estudos com vinho tinto varia de 3 a 9 g L⁻¹ (Gómez García-Carpintero, Sánchez-Palomo, González Viñas, 2014; Gordillo *et al.*, 2013; Hernández-Orte *et al.*, 2014).

O chip de carvalho pode ficar em contato com o vinho em diferentes etapas do processo de vinificação, podem ser adicionados na fermentação alcoólica, fermentação malolática, em ambas, após os processos fermentativos do vinho ou, durante sua maturação nos tanques de aço inoxidável (Gallego *et al.*, 2015). A utilização do chip possibilita em um curto período que os vinhos desenvolvam aromas típicos da madeira, semelhantes aos vinhos maturados em barril de carvalho (Cejudo-Bastante; Eiriz; Oliveira; Clímaco, 2007; Hermosín-Gutiérrez; Koussissi *et al.*, 2009; Pérez-Coello, 2011; Tao; Garcia; Sun, 2014)

3.6 Composição fenólica dos vinhos tintos

O vinho apresenta como principais componentes a água (85 a 90%) e os álcoois (9 a 15%) e, dentre os minoritários, destacam-se os compostos fenólicos com percentual inferior a 1%. Os compostos fenólicos apresentam grande importância, por conferirem grande poder antioxidante ao vinho (Kanner; Frankel; Granit, 1994). Os efeitos benéficos dos compostos polifenólicos nos seres humanos, estão ligados a sua ação antioxidante, que previne a formação de radicais livres, responsáveis por inúmeros prejuízos à saúde (Pazos *et al.*, 2006). Além disso, o consumo destes compostos está associado à redução de incidência de doenças degenerativas relacionadas ao estresse oxidativo, como por exemplo, o Alzheimer (Sun *et al.*, 2008), redução do risco de doença cardiovascular (Avellone *et al.*, 2006) e retardo da progressão de várias doenças, incluindo certos tipos de cânceres (Platz *et al.*, 2004).

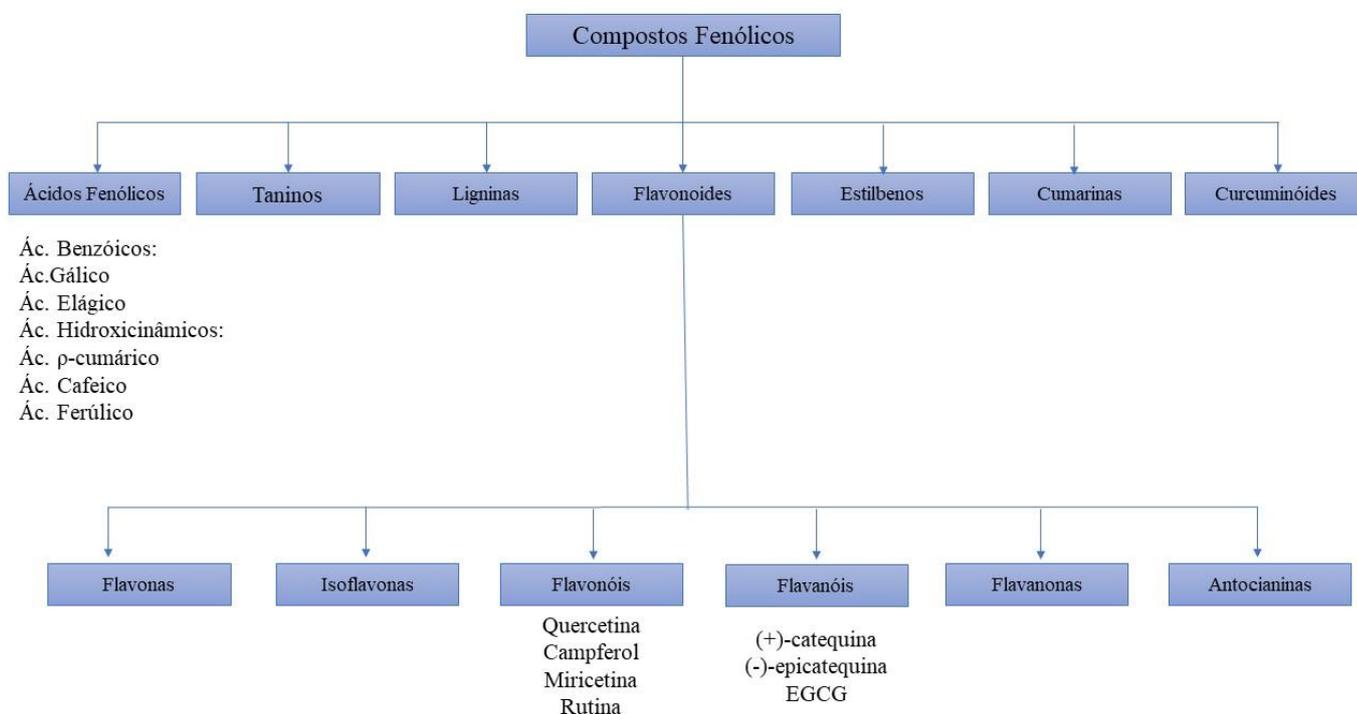
O perfil fenólico da uva é um fator determinante de características qualitativas dos vinhos, podendo ser utilizado como um parâmetro de monitoramento do processo de vinificação. A quantidade de compostos fenólicos no vinho vai depender da temperatura e tempo de contato do mosto com as partes sólidas das uvas durante a maceração, recipiente utilizado para a fermentação, concentração de etanol, concentração de dióxido de enxofre (SO₂), tipo de levedura utilizada, pH, tipo e quantidade de enzima pectinolítica, entre outros fatores, sendo primeiramente influenciado pela variedade de uva, condições edafoclimáticas de cultivo e estágio de maturação na colheita (Soleas; Diamandis; Goldberg, 1997; Sonni *et al.*, 2016).

Em vinhos, os compostos fenólicos estão presentes em concentrações e perfis diferentes dos que estão nas suas uvas derivadas, pois acontecem várias reações químicas durante as etapas de obtenção da bebida e, além disso, quando o mesmo é armazenado em barris de madeira, a interação do líquido com o material do barricas propicia a formação desses compostos. (Araújo, 2015). As variações na concentração destes constituintes podem ser responsáveis pelo potencial antioxidante exibido pelos diferentes vinhos tintos (Howard *et al.*, 2002). Geralmente, esses componentes presentes nas células das plantas estão na forma glicosilada e, durante o processo de fermentação, são liberados na forma livre. Assim, o vinho se constitui numa importante fonte destes compostos nas formas livres (Tsanova-Savova; Ribarova, 2002).

Os compostos fenólicos são estruturalmente formados por anel aromático com substituinte hidroxílico, bastante suscetíveis a reações químicas, provêm de complexas interações biossintéticas secundárias dos vegetais e sua instabilidade deve-se ao fato de possuir um nucleófilo no anel e um caráter ácido no fenol. Estas características da estrutura química destes compostos propiciam a formação de uma grande quantidade de produtos e caracteriza a

ampla divisão que essa família engloba (Araújo, 2015). Sabe-se que existem mais de oito mil tipos de elementos fenólicos. Compreendem duas classes, descritas na figura 3, são elas: flavonoides (flavonóis, flavonóis e antocianinas) e não-flavonoides (ácidos benzoicos, ácidos cinâmicos e estilbenos), todos referenciais em propriedades antioxidantes (Atanackovic, 2012).

Figura 3 - Representação das diferentes classes de compostos fenólicos



Fonte: Basli, Belkacem, & Amrani (2017).

Dos flavonóides, as antocianinas e taninos despertam maior interesse, por serem responsáveis pela coloração e estrutura dos vinhos, respectivamente, exercendo ainda fundamental papel no seu equilíbrio gustativo (Lima, 2010; Usseglio-Tomassetti, 1995). As antocianinas são solúveis em água e, em uvas de cultivares tintas, localizam-se nas cascas. Os níveis de antocianinas em uvas e vinhos são altamente variáveis devido às diferenças nas fontes das frutas (cultivar) e do processamento do vinho. Um conteúdo representativo de antocianina é em torno de 400 mg/L em um vinho tinto com menos de 6 meses de envelhecimento e 90

mg/L quando envelhecido por mais de 2 anos (Dell'aghi; Busciala; Bosisio, 2004). O cultivo de uvas a baixas altitudes parece desfavorecer a biossíntese de antocianinas monoglicosiladas nas cascas de uvas, se comparado com as que são cultivadas em altitudes maiores. Em algumas variedades, temperaturas acima de 35 °C diminuem fortemente o acúmulo de antocianinas e a falta ou excesso de umidade tende a diminuir seu conteúdo (Mateus *et al.*, 2001).

As antocianinas são formadas por anéis benzênicos unidos por uma molécula de três átomos de carbono, e sua diversidade estrutural (agliconas) depende do número e posição dos grupos hidroxila e metoxila ligados aos anéis aromáticos (Volp *et al.* 2008). A estrutura básica das antocianinas é a fonte de uma infinidade de cores produzidas por sua combinação química com glicosídeos e/ou grupos ácidos e por sua interação com outras moléculas e condições do meio (Figura 4). Em solução, as moléculas de antocianinas estão em equilíbrio entre a forma catiônica colorida e a pseudo base incolor. Este equilíbrio é diretamente influenciado pelo pH. O pH ácido é favorável para a forma colorida, que diminui com o aumento do pH. (Delgado-Vargas; Jiménez; Paredes-López, 2000). O grupo das antocianinas possui seis classes de compostos, responsáveis pelas diferentes pigmentações: cianidina (vermelho), peonidina (vermelho escuro), delphinidina (azul), malvidina (púrpura) e petunidina (vermelho escuro) (Naczki; Shahidi, 2004).

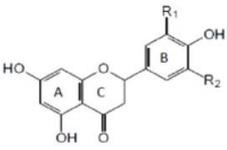
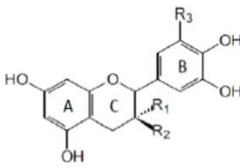
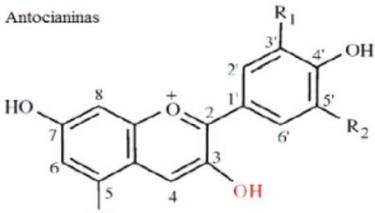
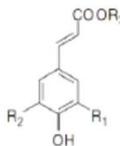
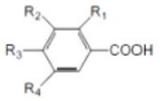
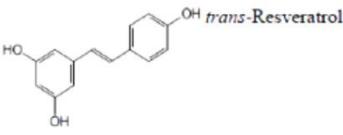
Dos não-flavonoides, o maior grupo de componentes são os ácidos fenólicos, presentes tanto na uva quanto no vinho, classificados em ácidos hidroxibenzóicos, ácidos hidroxicinâmicos e estilbenos (Morenoarribas; Polo, 2009; Ribéreau-Gayon, *et al.*, 2006b;). Os hidroxibenzóicos se encontram na forma de ésteres, sofrendo hidrólise lenta no processo de elaboração e conservação do vinho (Figura 4). Constituem esse grupo, os ácidos gálico, protocateico, siríngico, vanílico e elágico (Moreno-Arribas; Polo, 2009; Ribéreau-Gayon, *et al.*, 2006). Os mais importantes ácidos do grupo são: o ácido ferúlico, o ácido p-cumárico e o ácido caféico (Moreno-Arribas; Polo, 2009). Os estilbenos apresentam elevadas propriedades antioxidantes, podendo ser responsáveis pelos efeitos benéficos do vinho à saúde humana (Rodrigo, Miranda, Vergara, 2011), existindo no vinho sobre duas formas: *cis* e *trans-resveratrol*. Destes o mais estudado é o *trans-resveratrol*, cuja síntese ocorre principalmente na casca da uva. (Moreno-Arribas; Polo, 2009).

Resveratrol (3,4',5-triidroxiestilbeno) é um composto fenólico (Celotti *et al.*, 1996) produzido por várias famílias de plantas, mas as uvas e produtos relacionados são as fontes dietéticas mais importantes, sendo que sua síntese ocorre principalmente nas cascas dos frutos (Rodríguez-Delgado *et al.*, 2002). A concentração de resveratrol depende da cultivar, origem

geográfica, tipo de vinho, práticas enológicas e grau de injúria à planta por *Botrytis cinerea*, fungo responsável pela podridão das uvas (Frémont, 2000). Normalmente, o conteúdo de trans-resveratrol nos vinhos varia de 0,03 – 7,00 mg/L, não exercendo influência nas características sensoriais (Rodríguez-Delgado *et al.*, 2002).

Segundo Leonard *et al.* (2003), apresenta ação antioxidante e exerce efeitos protetores em certas formas de danos oxidativos. É um dos maiores constituintes antioxidantes dos vinhos, sendo um “scavenger” (capturador) de espécies reativas de oxigênio e outros radicais livres. Devido as suas propriedades antioxidantes, pode prevenir doenças cardiovasculares ligadas ao metabolismo de lipídios, particularmente na produção de HDL, enquanto a atividade antifúngica é de interesse na produção de vinhos (Celotti *et al.*, 1996). De acordo com Frémont (2000), o resveratrol apresenta algumas atividades biológicas, entre elas: inibição da peroxidação lipídica, quelação de cobre, ligação a radicais livres, alteração na síntese de eicosanoides, inibição da agregação plaquetária, atividade anti-inflamatória, vaso relaxante, anticancerígena e estrogênica.

Figura 4 - Estrutura dos compostos fenólicos, flavonóides e não-flavonóides.

Flavonóides						
Flavonóis	R ₁ = H R ₂ = H Campferol					
(a)		R ₁ = OH R ₂ = H Quercetina				
		R ₁ = OH R ₂ = OH Miricetina				
Flavanóis		R ₁ = OH R ₂ = H R ₃ = H				
(b)		(+) -catequina				
		R ₁ = H R ₂ = OH R ₃ = H				
		(-) -epicatequina				
Antocianinas		R ₁	R ₂			
		Cianidina	OH	H		
		Delfinidina	OH	OH		
		Petunidina	OCH ³	OH		
		Malvidina	OCH ³	OCH ³		
Não-flavonóides						
Ácidos hidroxicinâmicos	R ₁	R ₂	R ₃			
(c)		Cafeico	OH	H	H	
		Caftarico	OH	H	ác. tartárico	
		<i>p</i> -Cumarico	H	H	H	
		Ferúlico	OCH ₃	H	H	
Ácidos hidroxibenzoicos	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄		
(d)		Gálico	H	OH	OH	OH
		Protocateico	H	OH	OH	H
		Siringico	H	OCH ₃	OH	OCH ₃
		Vanílico	H	OCH ₃	OH	H
Estilbenos						
(e)						

Fonte: RIBÉREAU-GAYON et al., 2006.

3.7 Propriedades antioxidantes dos compostos fenólicos dos vinhos tintos

Os compostos fenólicos têm recebido crescente interesse na saúde humana devido aos seus efeitos benéficos contra várias doenças como o câncer, atribuídos em particular à sua atividade antioxidante (Basli; Belkacem; Amrani, 2017). A capacidade antioxidante é dada pela habilidade de sequestrar espécies de oxigênio ativo, reduzindo significativamente os efeitos adversos produzidos no organismo (National Academy of Science, 2000).

Recentes investigações apontam que o estresse oxidativo desempenha um papel fundamental na ocorrência de câncer e outros problemas de saúde induzidos pelo excesso de produção de espécies reativas do oxigênio (ERO) que inclui muitos radicais, como superóxido (O_2^-), hidroxila (OH^-), hidroperóxil (OOH^-), peróxil (ROO^-), alcóxil (RO^-), óxido nítrico (NO^-) e ânion peroxinitrito ($ONOO^-$). As ERO podem causar danos oxidativos a biomoléculas vitais, como DNA, lipídios e proteínas (Zujko; Witkowska, 2011). Os compostos fenólicos podem suprimir a formação de ERO por diferentes mecanismos como a inibição de enzimas tal qual a xantina oxidase e oligoelementos quelantes como íons de ferro livres, envolvidos na formação de radicais e espécies de radicais sequestrantes por doação de hidrogênio (Fantini *et al.*, 2015).

O potencial antioxidante dos compostos fenólicos depende do tipo e da classe a qual pertencem, além do número e arranjo dos grupos hidroxila; extensão da conjugação, bem como da presença de doadores de elétrons na estrutura do anel (Bertagnolli *et al.*, 2007; Gresele *et al.*, 2011). No vinho, esses agentes antioxidantes atuam também na estabilidade da cor, composição aromática e capacidade de envelhecimento (Barbosa *et al.*, 2010). Segundo Abe *et al.* (2007) e Garcia-Alonso *et al.* (2006), no que diz respeito às suas propriedades funcionais, quanto mais intensa for a coloração da uva maior será o seu potencial antioxidante e, conseqüentemente de seus vinhos.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE, J. O. A. *Os segredos do vinho para iniciantes e iniciados*. 5ª ed. São Paulo: Mescla Editorial, 2005.
- AMARANTE, J. O. A. *Vinhos: do Brasil e do mundo, para conhecer e beber*. 3ª ed São Paulo: Summus Editorial, 1983. 157 p.
- ANDRADE NEVES, N.; PANTOJA, L. A.; DOS SANTOS, A. S. Thermovinification of grapes from the Cabernet Sauvignon and Pinot Noir varieties using immobilized yeasts. *European Food Research and Technology*, v. 238, p. 79-84, 2014.
- ARAÚJO, J. M. A. – *Química de alimentos: teoria e prática* – 6ª ed. – Viçosa MG: Ed. UFV, 2015.
- ATANACKOVIĆ, M.; PETROVIĆ, A.; JOVIĆ, S.; GOJKOVIĆ-BUKARICA, L.; BURSAC', M.; CVEJIĆ, J. Influence of winemaking techniques on the resveratrol content, total phenolic content and antioxidant potential of red wines. *Food Chemistry*, London, v. 131, p. 513-18, 2012.
- ATANACKOVIC', M.; PETROVIC', A.; JOVIC', S., BUKARICA, L. G.; BURSAC', M.; AUW, J. M.; BLANCO, V.; O'KEEFE, S. F.; SIMS, C. A. Effect of processing on the phenolics and color of Cabernet Sauvignon: Chambourcin and Noble wines and juices. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v. 47, p. 279-286, 1996.
- AVELLONE, G. *et al.* Effects of moderate Sicilian red wine consumption on inflammatory biomarkers of atherosclerosis. *European Journal of Clinical Nutrition*. v. 60, p. 41–47, 2006.
- BAIANO, A.; SCROCCO, C.; SEPIELLI, G.; NOBILE, M. A. Wine Processing: A critical review of physical, chemical, and sensory implications of innovative vinification procedures. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 56, p. 2391- 2407, 2016.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. C. G.; DE PAULA, S. O.; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 23(4), p.629-643, 2010.
- BARNABÉ, D. *Produção de vinho de uvas dos cultivares Niágara Rosada e Bordô: análises físico-químicas, sensorial e recuperação de etanol a partir do bagaço*. 2006. 106f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Botucatu, 2006.
- BASLI, A.; BELKACEM, N.; AMRANI, I. *Health benefits of phenolic compounds against cancers*. InTech, 10, 2017.
- BEATO, M.; CABRAL, B. - *Queijos brasileiros à mesa com cachaça, vinho e cerveja* – Editora Senac, 2015.

BISSON, L. F. *et al.* The present and future of the international wine industry. *Nature*, v. 418, n. 6898, p. 696–699. 2002.

BORGES, E. P. - *ABC ilustrado da vinha e do vinho* – MAUAD Ed. Ltda., 2ª edição, 2008.

BORZANI, W.; AQUARONE, E.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. - *Biotecnologia na produção de alimentos*. Biotecnologia Industrial. 1ª Edição. v. 4, Editora Blucher, 2001.

BOSSO, A.; PANERO, L.; PETROZZIELLO, M.; SOLLAZZO, M.; ASPROUDI, A.; MOTTA, S.; GUAITA, M. Use of polyaspartate as inhibitor of tartaric precipitations in wines. *Food chemistry*, 185, 1-6, 2015.

BRASIL (2014). *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014. Regulamenta a Lei n. 7.678, de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. Diário Oficial da União, 21 de fevereiro de 2014.

BRITO, L. T. L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. *Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 181p.

CABRITA, M. J. B.; GARCIA, R.; MARTINS, N.; SILVA, M. D. R.; FREITAS, A. M. C. Gas Chromatography in the Analysis of Compounds Released from Wood into Wine. *Progress in Agricultural, Biomedical and Industrial Applications*. 10: 186-208., 2012.

CEJUDO-BASTANTE, M. J.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; PÉREZ-COELLO, M. S. Micro-oxygenation and oak chip treatments of red wines: effects on colour-related phenolics, volatile composition and sensory characteristics. Part I: Petit Verdot wines. *Food Chemistry*, v. 124, n. 3, p. 727-737, 2011.

CEJUDO-BASTANTE, M.J., HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I., & PÉREZ-COELLO, M. S. (2011b). Microoxigenação e tratamentos de lascas de carvalho de vinhos tintos: Efeitos sobre fenólicos relacionados à cor, composição volátil e características sensoriais. Parte II: Vinhos Merlot. *Food Chemistry*, 124, 738-748.

CELOTTI, E.; FERRARINI, R.; ZIRONI, R.; CONTE, L. S. Resveratrol content of some wines obtained from dried Valpolicella grapes: *Recioto and Amarone*. *Journal of Chromatography A*, v.730, p.47-52, 1996.

CERPA-CALDERON, F. K.; KENNEDY, J. A. Berry integrity and extraction of skin and seed proanthocyanidins during red wine fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 19, p. 9006-9014, 2008.

CHATONNET, P.; DUBOURDIEU, D. Comparative study of the characteristics of American white oak (*Quercus alba*) and European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) for production of barrels used in barrel aging of wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v. 49, n. 1, p. 79-85, 1998.

CHEYNIER, V. Flavonoids in Wine. In: ANDERSEN, O.; MARKHAM, K. (Eds.). . *Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications*. Boca Raton: CRC Press, 2005. p. 263–318.

CONNER, J.; REID, K.; JACK, F. Maturation and blending. In: RUSSELL, I.; STEWART, G.; BAMFORTH, C. *Whisky. Technology, Production and Marketing*. London, U. K: Elsevier, 2003. cap.7, p. 209-240.

CVEJIC', J. Influence of winemaking techniques on the resveratrol content, total phenolic content and antioxidant potential of red wines. *Food Chemistry*, v. 131, p. 513–518, 2012.

DARDEAU, R. - *Vinhos Uma Festa Dos Sentidos* – Mauad Ed. Ltda., Rio de Janeiro, 2002.

DELL'AGLI, M.; BUSCIALA, A.; BOSISIO, E. Vascular effects of wine polyphenols. *Cardiovascular research*, v.63, p.593-602, 2004.

DURNER, D. *Improvement and Stabilization of Red Wine Color*. In: Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages: Industrial Applications for Improving Food Color. [s.l.] Elsevier Ltd, 2016. p. 240–264.

EIRIZ, N., OLIVEIRA, J.F.S; CLÍMACO, M. C. (2007). Fragmentos de carvalho no estágio de vinhos tintos. *Ciência Técnica Vitivinícola*, 22(2), 63–71.

EIRIZ, N. J.; OLIVEIRA, F.S.; CLÍMACO, C. M.; Fragmentos de madeira de carvalho no estágio de vinhos tintos oakwood chips in the ageing of red wines. *Ciência Téc. Vitiv.* 22 (2) 63-71., 2007.

EL DARRA, N.; TURK, M. F.; DUCASSE, M-A.; GRIMI, N.; MAROUN, R. G.; LOUKA, N.; VOROBIEV, E. Changes in polyphenol profiles and color composition of freshly fermented model wine due to pulsed electric field, enzymes and thermovinification pretreatments. *Food Chemistry*, London, v. 194, p. 944-950, 2016.

ESCOT, S.; FEUILLAT, M.; DULAU, L.; CHARPENTIER, C. Release of polysaccharides by yeasts and the influence of released polysaccharides on colour stability and wine astringency. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Adelaide, v. 7, p. 153-159, 2001

FERREIRA, P. Brasil inova na produção de vinhos tropicais. *Inovação em Pauta*, n. 2, p. 16-19, 2008.

FLANZY, C. *Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos*. 1ª Edição. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa, 2000.

FRÉMONT, L. Biological effects of resveratrol. *Life Sciences*, v.66, n.8, p.663-673, 2000.

GALLEGO, M. A. G. et al. Efeito da adição de cavacos de carvalho em diferentes fases de vinificação na composição fenólica dos vinhos tintos Moravia Agria. *Revista Sul-Africana de Enologia e Viticultura*, v. 36, n. 1, pág. 21-31, 2015.

GARCÍA-ALONSO, J.; ROSS, G.; VIDALGUEVARA, M.; PERIAGO, M. J. Acute intake of phenolic-rich juice improves antioxidant status in healthy subjects. *Nutrition Research*., v. 26, n. 1, p. 330-339, 2006.

GEFFROY, O.; LOPEZ, R.; SERRANO, E.; DUFOURCQ, T.; GRACIA-MORENO, E.; CACHO, J.; FERREIRA, V. Changes in analytical and volatile compositions of red wines

induced by pre-fermentation heat treatment of grapes. *Food Chemistry*, v. 187, p. 243–253, 2015.

GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. *Viticultura e Enologia* - Elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros. 1ª ed. Bento Gonçalves: IFRS, 2009.

GÓMEZ GARCÍA-CARPINTERO, E., SÁNCHEZ-PALOMO, E., & GONZÁLEZ VIÑAS, MA (2014). Composição volátil de vinhos tintos Bobal submetidos a fermentação alcoólica/malolática com cavacos de carvalho. *LWT - Food Science and Technology*, 55(2), 586-594.

GORDILLO, B.; CEJUDO-BASTANTE, M. J.; RODRÍGUEZ-PULIDO, F. J.; GONZÁLEZ-MIRET, M. L.; HEREDIA, F. J. (2013). Aplicação da colorimetria diferencial e perfil polifenólico na avaliação da qualidade cromática de vinhos tintos Tempranillo elaborados em clima quente. Influência da presença de cavacos de madeira de carvalho durante a fermentação. *Food Chemistry*, 141(3), 2184-2190.

GRESELE, P.; CERLETTI, C.; GUGLIELMINIA, G.; PIGNATELLI, P.; GAETANO, G.; VIOLIC, F. Effects of resveratrol and other wine polyphenols on vascular function: an update. *Journal Nutrition and Biochemistry*, v.22, p. 201–211, 2011.

GUERRA, C. C. Vinho tinto. In: Filho, W. G. V. (Coord.). *Bebidas alcoólicas: Ciência e tecnologia*. v.1. São Paulo: Blucher,(2010).

GUERRA, C. C.; BARNABÉ, D.. Vinho, Cap 17; In: FILHO, Waldemar Gastoni Venturini. *Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado*. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 2005.

GUERRA, C. C.; ZANUS, M. C. *Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado*. Embrapa Uva e Vinho, Sistema de Produção 4. ISSN 1678-8761, versão eletrônica, 2003.

GUERRA, C. C. *Maturação da uva e condução da vinificação para a elaboração de vinhos finos*. In: Simpósio Mineiro de Viticultura e Enologia, 1., Andradas, MG. Viticultura e Enologia: atualizando conceitos, p. 786, 2002.

GUERRA, C. C.; MANDELLI, F.; TONIETTO, J.; ZANUS, M.C.; CAMARGO, U.A. *Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos*. EMBRAPA Uva e Vinho - CNPUV (Documentos). Bento Gonçalves, 69 p. 2009. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/documentos/doc048.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2022.

HASHIZUME, T. *Tecnologia do Vinho*. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. (Ed.). *Biotechnology Industrial*. São Paulo: Blucher, v.4, 2001.

HERNÁNDEZ-ORTE, P. *et al.* Critérios para discriminar vinhos envelhecidos em barricas de carvalho e macerados com fragmentos de carvalho. *Food Research International*, v. 57, p. 234-241, 2014.

HOWARD, B.; CHOPRA, M.; THURNHAM, D. I.; STRAIN, J. J.; FUHRMAN, B.; AVIRAM, M. Red wine consumption and inhibition of LDL oxidation: what are the important components? *Medical Hypotheses*, v.59, p.101-104, 2002.

IBGE. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>> . Acesso em: março de 2022.

INSEL, B. The evolving global wine market. *Business Economics*, v. 49, n. 1, p. 56–48, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE VINHO. *Panorama Geral*. Disponível em: <<http://www.ibravim.org.br/Panorama-Geral>>. Acesso em: 25 agosto de 2021.

JACKSON, R. S. Vineyard Practice. In: *Wine Science*. Elsevier, 2014. P. 143-306.

KANNER, J.; FRANKEL, E. N.; GRANIT, R. *Agric. Food Chem.* 1994, 42, 64.

KANNER, J.; FRANKEL, E.; GRANIT, R. Natural antioxidants in grapes and wines. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, p. 64–69, 1994.

KELEBEK, H.; CANBAS, A.; CABAROGLU, T.; SELLI, S. Improvement of anthocyanin content in the cv. Okuzgozu wines by using pectolytic enzymes. *Food Chemistry*, London, v. 105, p. 334-339, 2007.

KOUSSISSI, E. *et al.* Influência da tostagem de cavacos de carvalho na maturação do vinho tinto a partir da análise sensorial e cromatográfica gasosa. *Química Alimentar*, v. 114, n. 4, pág. 1503-1509, 2009.

LEÃO, A. *et al.* Valores pessoais dos consumidores de vinhos do Vale do São Francisco (Brasil): Uma proposição tipológica de perfis. *Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão*, p. 23–36, 2011.

LEÃO, P. C. DE S. *Breve histórico da vitivinicultura e a sua evolução na região semiárida brasileira*. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, v. 7, p. 81–85, 2010.

LEÃO, P.E DE S.; POSSIDIO, E. L. de. In: LEÃO, P.e de S.; SOARES, J. M. (Ed.). *A viticultura no semiárido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. cap 1, p. 13-17.

LEONARD, S. STEPHEN; XIA, CHANG; JIANG, BIN-HUA; STINEFELT, BETH; KLANDORF, HILLAR; HARRIS, GABRIEL K.; SHI, XIANGLIN. Resveratrol scavenges reactive oxygen species and effects radical-induced cellular responses. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, v.309, p.1017–1026, 2003.

LES CAHIERS ITINÉRAIRES D’ITV FRANCE. *France Technologie*. 2003. Disponível em:http://saturne.io.reseauconcept.net/saisie/upload/137029/Itin%C3%A9raires_6.pdf Acesso em: 14 abril de 2022.

LIMA, L. A. A. *Caracterização e estabilização dos vinhos elaborados no Vale do Submédio do São Francisco*, 2010, 139 p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos). Programa de pós graduação em Nutrição – Universidade Federal de Pernambuco/ Recife.

MALACARNE, M.; BERGAMO, L.; BERTOLDI, D.; NICOLINI, G.; LARCHER, R. Use of Fourier transform infrared spectroscopy to create models forecasting the tartaric stability of wines. *Talanta*, 117, 505-510, 2013.

MATEUS, N.; PROENÇA, S.; RIBEIRO, P.; MACHADO, J. M.; DE FREITAS, V. Grape and wine polyphenolic composition of red *Vitis vinifera* varieties concerning vineyard altitude. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.3, n.2, p.102-110, 2001.

McCARTHY, E.; EWING-MULLIGAN, M. - *Vinho Para Leigos* - Tradução da 5ª Edição, Editora ALTA BOOKS, 2016.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. *Discrimination of Brazilian red varietal wines according to their sensory descriptors*. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, p. 1172–1176, 2011.

MORATA, A.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; SUBERVOLIA, J.; BARTOLOMÉ, B.; COLOMO, B.; SUAREZ, J. A. Adsorption of anthocyanins by yeast cell walls during fermentation of red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 51, p. 4084-4088, 2003.

MORENO-ARRIBAS, M.; POLO, M. *Wine Chemistry and Biochemistry*. Springer. *Science Business Media*.p 437-529, 2009.

MOSEDALE, J. R. Effects of oak wood on the maturation of alcoholic beverages with particular reference to whiskey. *Forestry*, Grosvenor Lane, v. 68, n. 3, p. 203-230, 1995.

MOSEDALE, J. R.; PUECH, J.L. Wood maturation of distilled beverages. *Trends in Food Science & Technology*, Colney, v. 9, n. 3, p. 95-101, 1998.

NACZK, M., SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, v. 1054, p. 95-111, 2004.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (USA). Dietary Reference Intakes for vitamin C, vitamin E, selenium and carotenoids. Washington DC : National Academy Press, 2000, 506 p. A report on the antioxidants and related compounds. Subcommittees on Upper Reference Intake Levels of Nutrients and Interpretation of Uses of Dietary Reference Intakes and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. *Food and Nutrition Board*.

NIERDELE, P. A.; VITROLLES, D. *Indicações Geográficas e qualificação no setor vitivinícola brasileiro*. *Estudos Sociedade e Agricultura*, v. 18, n. 1, p. 5–55, 2010.

NIXDORF, S.L.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Brazilian red wines made from the hybrid grape cultivar Isabel: Phenolic composition and antioxidant capacity. *Analytica Chimica Acta*, Amsterdam, v.659, n.1-2, p. 208-215, 2010.

OLIVEIRA, W. P. DE *et al.* Phenolics from Winemaking By-Products Better Decrease VLDL Cholesterol and Triacylglycerol Levels than Those of Red Wine in Wistar Rats. *Journal of Food Science*, 2017.

- PADILHA, C. V. DA S. et al. Phenolic compounds profile and antioxidant activity of commercial tropical red wines (*Vitis vinifera* L.) from São Francisco Valley, Brazil. *Journal of Food Biochemistry*, v. 41, n. 3, p. 1–9, 2017.
- PARAZZI, C.; ARTHUR, C. M.; LOPES, J. J. C.; BORGES, M. T. M. R. Avaliação e caracterização dos principais compostos químicos da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em tonéis de carvalho (*Quercus* sp.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, p. 193–199, 2008.
- PAZOS, M. et al. Physicochemical properties of natural phenolics from grapes and olive oil by products and their antioxidant activity in frozen horse mackerel fillets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. v. 54, p. 366–373, 2006.
- PERUZZI, E. J. *La termovinificación*. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 3., CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 6., JORNADA LATINO-AMERICANA DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 4., 1990, Bento Gonçalves e Garibaldi. Anais... Bento Gonçalves: Embrapa CNPUV/ABTEV/OIV, 1991. p.97-104.
- PEYNAUD, E.; *Connaissance et Travail du Vin*, 2nd ed.; Dunod: Paris, France, 1997.
- PEYRON, D.; DAVAUX, F.; FEUILLAT, M. Evolution des composés phénoliques au cours de l'élevage en fûts des vins de Bourgogne. In : *SYMPOSIUM INTERNATIONAL D'ŒNOLOGIE DE BORDEAUX*, 5., 1995, Bordeaux. Oeno 1995 – Actes de Colloques... Dunod: Bordeaux, 1995. p.429-432.
- PINELO, M.; ARNOUS, A.; MEYER, A. S. Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. *Trends in Food Science and Technology*, Cambridge, v. 17, p. 579-590, 2006.
- PLATZ, E. A. et al. Alcohol intake, drinking patterns, and risk of prostate cancer in a large prospective cohort study. *American Journal of Epidemiology*. v. 159, p. 444–453, 2004.
- POMMER, C. V. - *Uva: Tecnologia de produção, pós colheita, mercado* – Editora Cinco Continentes, Porto Alegre, 2003.
- PROTAS, J. F. da S.; CAMARGO, U. A.; MELLO, L. M. R. de. *A vitivinicultura brasileira: realidade e perspectivas*. 2002. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1052798/a-vitivinicultura-brasileira-realidade-e-perspectivas> Acesso em: 20 de maio de 2021.
- PROTAS, J. F. da S.; CAMARGO, U. A.; MELO, L.M. R. de. *A vitivinicultura brasileira: realidade e perspectivas*. 2005. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/vitivinicultura.html>. Acesso em: 12 de setembro de 2021.
- RAMIREZ-RAMIREZ, G. *Étude de la sorption des composés d'arôme du vin par le bois de chêne en système modèle d'élevage en fûts*. 2002. 346p. Tese (Doctorat en Œnologie) - Université de Bourgogne, Dijon, France. 2002.

RATSIMBA, B.; LAGUERIE, C.; BISCANS, B.; GAILLARD, M. *Solubilité du bitartrate de potassium dans les solutions hydroalcooliques: influence de paramètres spécifiques al'oenologie*. Bulletin de la Société Chimique de France, 3, 325-330, 1989.

RIBÉREAU-GAYON, J.; PEYNAUD, E.; RIBÉREAU-GAYON, P.; SUDRAUD, P. *Sciences et techniques du vin*. Paris: Dunod, 1976. v.3, 719p.

RIBÉREAU-GAYON, P. *et al.* Vinificação Tinto. In: *Manual de Enologia*. Chichester, Reino Unido: John Wiley & Sons, Ltd, 2006. v. 1p. 327-395

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÉCHE, B.; LONVAUD, A. Handbook of Enology: the microbiology of wine and vinifications. 2ed. *Wiley and Sons*, 2006a. 429 p.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. Handbook of Enology: the Chemistry of Wine Stabilization and Treatments. 2nd Ed. *John Wiley and Sons*. 2006b , p. 141-205.

RIZZON, L. A.; MENEGUZZO, J. Embrapa Uva e Vinho: *Sistemas de produção de Vinho tinto*. 2006. Disponível em:
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Vinho/SistemaProducaoVinhoTinto/referencias.htm> Acesso em: 28 de março de 2023.

RIZZON, L. A. e AGNOL, I. D. *Vinho tinto*. EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), Brasília, DF, 2007.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Franc para elaboração de vinho tinto. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 21, p. 249-255, 2001.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 22, p. 192-198, 2002.

RODRIGO, R.; MIRANDA, A.; VERGARA, L. Modulation of endogenous antioxidant system by wine polyphenols in humn disease. *Analytical Chimica Acta* v.412, p.410– 424, 2011.

RODRIGUEZ-DELGADO, M. A.; GONZÁLEZ, G.; PÉREZ-TRUJILLO, J. P.; GARCIAMONTELONGO, F.J. Trans-resveratrol in wines from the Canary Islands (Spain). Analysis by high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*, v.76, p.371-375, 2002.

SACCHI, K. L.; BISSON, L. F.; ADAMS, D. O. A review of the effect of winemaking techniques on phenolic extraction in red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v. 56, n. 3, p. 197-206, 2005.

SÁNCHEZ-PALOMO, E. *et al.* Melhoramento de vinhos brancos Verdejo por contacto com lascas de carvalho em diferentes fases de vinificação. *LWT - Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 79, p. 111-118, 2017.

SANTOS, J.; MACHADO, A.; DIAS, E.; NOVAIS, A. e FERREIRA, A. - *Processamento Industrial do vinho tinto*. Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária. Coimbra, 2007.

SILVA, P. C. G.; CORREIA, R.C.; SOARES, J. M. *Histórico e Importância Socioeconômica*. Embrapa Semiárido - Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), Petrolina, cap. 1, p. 21-34. 2009.

SIQUEIRA, T. V. *Vitivinicultura Mundial: 1961-2007*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 26, p. 233-298, set. 2007

SMITH, P. A.; MCRAE, J. M.; BINDON, K. A. Impact of winemaking practices on the concentration and composition of tannins in red wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v. 21, p. 601–614, 2015.

SOLEAS, G. J.; DIAMANDIS, E.P.; GOLDBERG, D.M. J. Wine as a biological fluid: history, production, and role in disease prevention. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, p. 287-313, 1997.

SONNI, F.; MOORE, E. G.; CHINNICI, F.; RIPONI, C.; SMYTH, H.E. Characterization of Australian Verdelho wines from the Queensland Granite Belt region. *Food Chemistry*, v. 196, p. 1163-1171, 2016.

SOUZA JÚNIOR, J. H. DE; ANDRADE, D. DA S.; MELO, I. A. DE; CAVALCANTI, M. de F. C.; LEO, P. C. DE S. Desenvolvimento e produção de videiras na microrregião de Garanhuns/PE. *Annals and event proceedings*. EMBRAPA Semiárido. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1115260/desenvolvimento-e-producao-de-videiras-na-microrregiao-de-garanhunspe>> Acesso em: 25 de agosto de 2021.

SUN G. *et al.* Botanical phenolics and brain health. *Neuromolecular Medicine*. v. 10, p. 259–274, 2008.

TAO, Y.; GARCIA, J.F.; SUN, D. Avanços nas Tecnologias de Envelhecimento do Vinho para Melhorar a Qualidade do Vinho e Acelerar o Processo de Envelhecimento do Vinho. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 54, p. 817-835, 2014.

TSANOVA-SAVOVA, SILVIA; RIBAROVA, FANY. Free and conjugated myricetin, quercetin, and kaempferol in Bulgarian red wines. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.15, p.639-645, 2002.

USSEGLIO-TOMASSETML. *Chimie oenologique, 2º edition, Technique & Documentation*, 1995, 387 p.

VENTURINI, W. G. (coord.). *Bebidas Alcoólicas: ciência e tecnologia*. São Paulo: Blucher, 2010. v. 1 461 p. il. (Série Bebidas, 1).

VINITUDE, 2013 – *Cabernet Sauvignon: a rainha*. Disponível em: <<https://www.clubedosvinhos.com.br/cabernet-sauvignon-a-rainha/>> Acesso em: 20 de março de 2022.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I.R.T.; BARRA, K.; STRINGUETA, P.C. Flavonóides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. *Revista Brasileira de Nutrição Clínica*, v. 23(2), p.141-149, 2008.

WAGENER, G. W. W. The effect of different thermovinification systems on red wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture, Lockeford*, v.32, n.3, p.179-184, 1981.

WANG, H.; RACE, E. J.; SHRIKHANDE, A. J. Characterization of anthocyanins in grape juices by ion trap liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 51, p. 1839- 1844, 2003.

WANG, J.; HUO, S.; ZHANG, Y.; LIU, Y.; FAN, W. Effect of Different pre-fermentation treatments on polyphenols, color, and volatile compounds of three wine varieties. *Food Sci. Biotechnol.*, v. 25, p. 735-743, 2016.

YAMAMOTO, L. Y.; ASSIS, A. M.; ROBERTO, S. R.; BOVOLENTA, Y. R.; NIXDORF, S. L.; GARCÍA-ROMERO, E.; GÓMEZ-ALONSO, S.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Application of abscisic acid (S-ABA) to cv. Isabel grapes (*Vitis vinifera* x *Vitis labrusca*) for color improvement: effects on color, phenolic composition and antioxidant capacity of their grape juice. *Food Research International*, Barking, v. 77, p. 572-583, 2015.

ZANUS, M. C. *Safra da Uva 2020 na Serra Gaúcha*. EMBRAPA. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/cultivos/busca-de-noticias/-/noticia/51405680/artigo-safra-da-uva-2020-na-serra-gaucha>> Acesso em: 12 de setembro de 2021.

ZOECKLEIN, B. *Bentonite fining of juice and wine*. Virginia Cooperative Extension Service. Nº 463-014, 1988.

ZUJKO, M.E.; WITKOWSKA, A.M. Antioxidant potential and polyphenol content of selected food. *International Journal of Food Properties*, 14(2):300–308, 2011.

Capítulo II

Manuscrito: Uso da termovinificação e chips de carvalho na qualidade de vinhos tintos

‘Cabernet Sauvignon’

1 **Uso da termovinificação e chips de carvalho na qualidade de vinhos tintos ‘Cabernet**
2 **Sauvignon’**

3
4 Mariana Fernandes Almeida^a, Inglides Gomes de Oliveira^a, Islaine Santos Silva^a, Walter Filho
5 de Almeida Real^b, Edna Santos de Barros^c, Aline Camarão Telles Biasoto^{c,d,*}

6
7
8 *^aPrograma de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Faculdade de Farmácia,*
9 *Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.*

10 *^bVinícola Vale das Colinas, Garanhuns, PE, Brasil.*

11 *^cEmpresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco,*
12 *Brasil.*

13 *^dEmpresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, São*
14 *Paulo, Brasil.*

15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

26 RESUMO

27 Considerando a importância dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante para a
28 qualidade dos vinhos tintos e para a saúde dos seus consumidores, o objetivo deste estudo foi
29 caracterizar os perfis físico-químicos e fenólicos, atividade antioxidante e aceitabilidade
30 sensorial de vinhos tintos Cabernet Sauvignon produzidos com diferentes práticas alternativas
31 de vinificação (termovinificação e uso de chips) e uvas de uma nova região vinícola brasileira
32 (Garanhuns, PE), com clima tropical de altitude. Os vinhos tintos foram vinificados em quatro
33 tratamentos: termovinificação (65°C, 2h) (TSC), termovinificação e envelhecimento com chips
34 de carvalho americano e francês (TCC), vinificação tradicional com maceração (6 dias a 23°C)
35 durante a fermentação alcoólica e envelhecimento com lascas de carvalho (VTCC), vinificação
36 tradicional sem envelhecimento-controle (VTSC). A termovinificação promoveu uma melhor
37 qualidade nutracêutica aos vinhos Cabernet Sauvignon. Essa prática aumentou a capacidade
38 antioxidante pelos ensaios de DPPH, ABTS e FRAP e o teor da maioria dos compostos
39 fenólicos quantificados ($n = 22$), exceto os ácidos cafeico e ρ -cumárico, piceatannol e cis-
40 resveratrol. Além disso, proporcionou maior intensidade de cor, índice de polifenóis totais e
41 teor alcoólico ao vinho, fatores importantes para melhorar sua vida de prateleira. Os
42 consumidores preferiram a vinificação do vinho tinto apenas com recurso à termovinificação,
43 sem o envelhecimento com recurso a chips de carvalho.

44
45 **Palavras-chave:** vinhos tropicais de altitude, compostos bioativos, atividade antioxidante,
46 compostos fenólicos, teste de consumo.

47 48 1.INTRODUÇÃO

49
50 A termovinificação e o envelhecimento do vinho tinto mediante a adição de chips de
51 madeira são processos enológicos alternativos para a elaboração de vinhos tintos e possibilitam
52 a obtenção de produtos com maior qualidade em relação aos elaborados pelo método tradicional
53 de vinificação, como a maceração concomitante a fermentação e o uso de barricas de carvalho.

54 A termovinificação, consiste no aquecimento da uva tinta, previamente esmagada e
55 desengaçada, à temperatura entre 65 e 70°C (Venturini, 2010). Esta técnica está se tornando
56 cada vez mais popular para a produção de vinhos tintos. O volume de vinho elaborado somente
57 na França utilizando termovinificação é estimado em mais de 750 milhões de litros (Geffroy,

2018). As vantagens do emprego da técnica de termovinificação incluem a redução da carga microbiana das uvas, inibição de enzimas indesejáveis, como polifenoloxidase, extração mais eficiente de antocianinas, taninos e outros polifenóis, e redução do tempo de vinificação (Neves; Pantoja; Santos, 2014). Adicionalmente, pesquisas mostraram que o tratamento térmico permitiu a eliminação por volatilização de uma grande quantidade de 3-isobutil-2-metoxipirazina - MIBP (Roujou de Boubée, 2000). Esse composto é característico da cultivar Cabernet Sauvignon, e em altas concentrações origina aroma vegetal no vinho tinto, reduzindo sua qualidade sensorial (Ebeler, 2001).

Em comparação com vinhos vinificados pelo método tradicional, vinhos termovinificados geralmente têm níveis mais elevados de etanol e ácido tartárico. Já as modificações nos teores de compostos fenólicos induzidas pelo aquecimento do mosto são complexas e dependem de vários parâmetros, como cultivar, safra, e estágio de maturação da uva (Geffroy, *et al.*, 2015). De maneira geral, os compostos fenólicos são responsáveis pela estrutura, cor, adstringência e amargor do vinho, podendo também serem precursores de compostos voláteis de poder odorífero, e influenciar no gosto ácido da bebida. Assim, as diferenças entre os tipos de vinhos tintos se devem, em grande parte, devido à concentração e composição da fração fenólica da bebida (Biasoto *et al.*, 2010, Jackson, 2008, Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006, Zoecklein *et al.*, 2001). Além disso, os compostos fenólicos são os principais antioxidantes em alimentos, sendo altamente reativos com radicais livres, podendo proteger o corpo humano do efeito desses radicais livres e retardar o progresso de diversas doenças crônicas degenerativas (Gulçin, 2010, Roginsky; Lissi, 2005).

Os vinhos tintos termovinificados apresentam um perfil sensorial típico de vinho termovinificado, devido ao efeito do calor. Do ponto de vista olfativo, muitas vezes nesses vinhos é citada a presença de nota de aroma descrita como “iogurte de banana” (Doco; Williams; Cheynier, 2007, Girard *et al.*, 1997). Geffroy *et al.* (2015) relataram a provável degradação térmica de vários compostos voláteis derivados das uvas e seus precursores (entre tióis, monoterpênicos, norisoprenoides e fenóis), quando aplicaram o tratamento de termovinificação durante 3h a 70 °C, e associaram o uso da técnica com aumento da concentração de compostos que sugerem degradação térmica, como α -terpineol, guaiacol e 2,6-dimetoxifenol.

Para o envelhecimento do vinho com chips de madeira, são principalmente utilizados fragmentos de carvalho das espécies *Quercus alba* (carvalho americano), *Quercus petraea* e *Quercus robur* (carvalhos franceses), prática regularizada em 2005 pela Organização Internacional da Uva e do Vinho – OIV, resolução *Oeno 3/2005*. A utilização de chips de

92 carvalho proporciona a obtenção de resultados sensoriais no vinho próximos ao da barrica, em
93 um intervalo de tempo inferior, a um baixo custo, além da vantagem da simplicidade de uso e
94 da possibilidade de prevenir contaminações (Alencar *et al.*, 2020).

95 No entanto, fatores relacionados com a madeira, como a sua origem geográfica e espécie
96 botânica, tratamento térmico realizado na indústria de tonaria (“queima”), tamanho dos
97 fragmentos, dose utilizada e tempo de contato dos fragmentos com o vinho, podem promover
98 modificações na qualidade do produto (Alencar *et al.*, 2019; Eiriz *et al.*, 2007). Esta prática, é
99 capaz de reduzir a adstringência do vinho e proporcionar à bebida notas de amadeirado e
100 baunilha, característicos de vinhos envelhecidos em barricas de carvalho, provenientes da
101 extração dos voláteis fenólicos eugenol e 4-vinil guaiacol (Cejudo-Bastante *et al.*, 2011a;
102 Perez-Magariño *et al.*, 2009). Adicionalmente, estudos realizados observaram um aumento no
103 teor de compostos fenólicos com a adição de chips de carvalho (Liu *et al.* 2016, Pizarro *et al.*
104 2014, Gordillo *et al.* 2013, Cejudo-Bastante *et al.*, 2011a, Cejudo-Bastante *et al.*, 2011b, Sartini
105 *et al.*, 2005). Alencar *et al.* (2020) identificaram que o uso de chips de carvalho durante as
106 fermentações alcóolica e maloláctica aumentaram a atividade antioxidante do vinho da cultivar
107 Syrah.

108 Tendo em vista a importância atual para o setor vitivinícola das práticas de
109 termovinificação e envelhecimento rápido de vinhos com chips de carvalho, o objetivo desse
110 estudo foi avaliar o impacto da utilização das técnicas, verificando sua influência no perfil
111 físico-químico, fenólico, capacidade antioxidante e aceitabilidade de vinhos tintos Cabernet
112 Sauvignon produzidos em condição de clima tropical de altitude, na microrregião de
113 Garanhuns, Pernambuco, Brasil.

114

115

116

117

118 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

119

120 *2.1. Matéria-prima*

121

122 Para a elaboração dos diferentes tratamentos de vinificação, 840 Kg de uvas da
 123 variedade ‘Cabernet Sauvignon’, foram colhidas em janeiro de 2020 de área comercial
 124 localizada no município de Garanhuns-PE, Brasil (8°56’ S e 36°31’O, 900m). No momento da
 125 colheita as uvas apresentaram teor de sólidos solúveis de 21 °Brix, valor de pH de 3,38 e 5,35
 126 g L⁻¹ de acidez titulável expressa em ácido tartárico.

127

128 2.2. Vinificação

129

130 Para os processos de vinificação, inicialmente foi realizado o desengace das uvas em
 131 máquina desengaçadeira e concomitantemente foram adicionados 100 mg L⁻¹ de metabissulfito
 132 de potássio como conservante e 30 mg L⁻¹ de enzima pectolítica (Colorpect VRC, Amazon
 133 Group, Bento Gonçalves, RS, Brasil). Na sequência, foi realizada a homogeneização de todo o
 134 volume de parte sólida e líquida do mosto de uva, e depois efetuada a separação de 105 kg para
 135 cada microvinificação, sendo realizadas duas microvinificações por tratamento (Tabela 1),
 136 totalizando quatro tratamentos e oito microvinificações.

137 **Tabela 1.** Tratamentos de vinificação efetuados para a elaboração dos vinhos tintos da cultivar
 138 Cabernet Sauvignon produzida na microrregião de Garanhuns, PE, Brasil.

Descrição do Tratamento	Código
Vinho Cabernet Sauvignon elaborado pelo método tradicional (maceração junto com fermentação alcóolica durante 6 dias a temperatura de 23±1°C) sem adição de chip de carvalho.	VTSC
Vinho Cabernet Sauvignon elaborado pelo método tradicional (maceração junto com fermentação alcóolica durante 6 dias a temperatura de 23±1°C), e envelhecido artificialmente com a adição de chip de carvalho americano (2 g L ⁻¹) e francês (2 g L ⁻¹) durante as fermentações alcóolica e maloláctica.	VTCC
Vinho Vinho Cabernet Sauvignon elaborado com termovinificação durante 2h a 65°C sem adição de chip de carvalho.	TSC
Vinho Cabernet Sauvignon elaborado com termovinificação durante 2h a 65°C, e envelhecido artificialmente com a adição de chip de carvalho americano (2 g L ⁻¹) e francês (2 g L ⁻¹) durante as fermentações alcóolica e maloláctica.	TCC

139

140

141 As microvinificações foram conduzidas em tanques de aço inoxidável com capacidade
142 de 50L e 100L. Para a realização da fermentação alcoólica (FA) foi utilizada 200 mg L⁻¹ de
143 levedura comercial *Saccharomyces cerevisiae* var. bayanus Maurivim PDM® (Amazon Group,
144 Bento Gonçalves, RS, Brasil) e 200 mg L⁻¹ de nutriente para as leveduras a base de fosfato de
145 amônio Gesferm Plus® (Amazon Group, Bento Gonçalves, RS, Brasil), sendo conduzida a
146 temperatura de 23 ± 1°C. A FA durou 18 dias e foi finalizada quando a densidade de todos os
147 tanques permaneceu constante (<0,996) e o teor de açúcar inferior a 2,5 g L⁻¹. Na sequência, a
148 fermentação maloláctica foi conduzida de forma espontânea sob temperatura controlada a 18 ±
149 1 °C. Esta etapa prolongou-se por cerca de 30 dias e seu término foi evidenciado com a ausência
150 de ácido málico, utilizando método qualitativo de cromatografia em papel (Ribéreau-Gayon et
151 al., 2006). Concluídas as fermentações, os vinhos foram submetidos à estabilização tartárica,
152 utilizando o frio (0 °C) em câmara fria durante 30 dias e, logo após, foi adicionado Stabigum®
153 (500 mg L⁻¹) (AEB Group, São José dos Pinhais, PR, Brasil). Os vinhos foram engarrafados em
154 garrafas tipo bordalesa de 750 mL e armazenados em adega a 16 ± 2° C na posição horizontal
155 até o momento das análises. Antes do engarrafamento, a concentração de dióxido de enxofre
156 (SO₂) livre foi corrigida para 50 mg L⁻¹.

157 Para a elaboração dos tratamentos TCC e TSC, cuja prática de termovinificação foi
158 aplicada em substituição a maceração tradicional, durante 2h a 65°C, foi utilizado um tacho de
159 aço inoxidável (West equipamentos, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil) com capacidade de 100
160 litros e sistema de homogeneização. Após resfriamento do mosto a temperatura ambiente, foi
161 realizada a prensagem em prensa hidráulica (Control Tech Automação, Caxias do Sul, Brasil)
162 para separação das cascas e sementes de uva, e na sequência a FA.

163 Para o envelhecimento do vinho tinto Cabernet Sauvignon com o uso de chips de
164 carvalho (tratamentos TCC e VTCC), seguiu-se o procedimento testado por Alencar et al.
165 (2019) e Alencar et al. (2020), identificado como aquele com maior potencial para melhorar a
166 qualidade sensorial e nutracêutica do vinho tinto tropical 'Syrah'. Chips de carvalho francês
167 *Quercus petraea* (AEB grupo, França) em formato de aparas (2,5 x 5,0 x 0,5cm) com tostagem
168 forte e chips de carvalho americano *Quercus alba* (Everintec, Itália) em formato dominó (2,5 x
169 2,0 x 1,0 cm) com tostagem média, foram adicionados na quantidade de 2 g L⁻¹ cada. Os chips
170 foram colocados separadamente em bolsas confeccionadas com tecido tipo voil, que foram
171 inseridas dentro dos tanques no início da fermentação alcoólica, permanecendo em contato com
172 o vinho até o término da fermentação maloláctica.

173

2.3 Análises físico-químicas de mosto de uva e vinho

Os parâmetros físico-químicos enológicos foram determinados seguindo os procedimentos da Organização Internacional da Uva e do Vinho – OIV (2021). O potencial hidrogeniônico (pH) foi avaliado utilizando pHmetro Tec-3MP (TECNAL, Piracicaba, SP, Brazil). A acidez total foi medida por titulometria com solução de NaOH 0,1M até pH igual a 8,2 e o resultado expresso em ácido tartárico (g L^{-1}). Para determinação da acidez volátil as amostras foram previamente destiladas por arraste a vapor em Destilador Enológico (Modelo Super Dee, Gibertini, Itália), seguindo para titulação com NaOH 0,1 M e indicador fenolftaleína. Após a destilação simples das amostras no Destilador Enológico (Modelo Super Dee, Gibertini, Itália), os teores de álcool e extrato seco foram determinados em balança hidrostática eletrônica Super Alcomat (Gibertini, Itália) a 20° C. As leituras de densidade e teor de sólidos solúveis foram realizadas na mesma balança a 20°C. Os teores de dióxido de enxofre livre e total foram determinados pelo Método de Ripper, que se baseia na titulação da amostra com iodo a 0,02N. O conteúdo de açúcares redutores totais foi determinado pelo método de Lane-Eynon, com base nos procedimentos descritos por Ribéreau-Gayon et al. (2006).

2.4 Análises espectrofotométricas

Utilizando método espectrofotômetro UV-Vis Thermo Fisher Scientific Oy Ratastie 2, FI-01620 (Vantaa, Finlândia), foram determinados nos vinhos a intensidade de cor e tonalidade, o índice de polifenóis totais (IPT), o conteúdo total de antocianinas monoméricas e compostos fenólicos, e a capacidade antioxidante.

A intensidade da cor do vinho (IC) foi determinada pela somatória das leituras das absorvâncias do vinho nos comprimentos de onda de 420, 520 e 620 nm e a tonalidade pela razão entre as leituras a 420 e 520 nm (Ribéreau-Gayon et al., 2006). O IPT foi determinado pelo procedimento descrito por Habertson e Spayd (2006), com leitura do vinho diluído com água deionizada (1:100) a 280nm. O teor de compostos fenólicos totais (mg/L de ácido gálico) foi quantificado a partir do método espectrofotométrico proposto por Rossi e Singleton (1965), utilizando reagente Folin-Ciocateau (Sigma Aldrich, St. Louis, MO, EUA) e ácido gálico (Vetec Chemistry Ltda, Rio de Janeiro, Brasil) para obtenção de curva de calibração a 760nm. A quantificação das antocianinas monoméricas totais foi realizada de acordo como método proposto por Lee et al. (2005). O vinho foi diluído com soluções tampão de cloreto de potássio KCl 0,025 M (pH = 1,0) e acetato de sódio $\text{CH}_3\text{-COONa}$ 0,4 M (pH = 4,5) e as leituras

208 realizadas a 520 nm e 700 nm. O valor da absorvância final (A_F) foi calculado a partir da Eq.1
 209 e a concentração de antocianinas com a Eq.2, sendo o resultado expresso em como malvidina-
 210 3-*O*-glicosídeo.

211 **Eq 1.** $A_F = (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH\ 1,0} - (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH\ 4,5}$

212 **Eq 2.** Antocianinas ($mg\ L^{-1}$) = $(A_F \times PM \times FD \times 1000) / (\epsilon \times l)$

213 Onde:

214 - PM = peso molecular da malvidina-3-*O*-glicosídeo ($493,43\ g\ mol^{-1}$);

215 - FD = fator de diluição (50);

216 - ϵ = absorvidade molar da malvidina-3-*O*-glicosídeo (28000)

217 O potencial antioxidante dos vinhos foi determinado utilizando três ensaios *in vitro*:
 218 poder de redução férrica (FRAP), a partir do procedimento descrito Benzie e Strain (1996), com
 219 modificações propostas por Thaipong et al (2006); captura do radical ABTS^{•+} (2,2'-azinobis (3-
 220 etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (Sigma Aldrich, St. Louis, MO, EUA), seguindo
 221 metodologia de Re et al. (1999); e captura do radical DPPH[•] (2,2-difenil-1-picril-hidrazil)
 222 (Sigma Aldrich, St. Louis, MO, EUA), de acordo com o método de Brand-Williams, Cuvelier
 223 e Berset (1995). Para a construção das curvas de calibração foi utilizado trolox (TEAC) como
 224 padrão (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-carboxílico) (Sigma Aldrich, St. Louis, MO,
 225 EUA) e os resultados foram expressos em mmol TEAC L⁻¹.

226 Pelo ensaio FRAP, foi observada a capacidade das amostras em reduzir o íon férrico a
 227 ferroso. Para isso agitou-se a mistura da amostra com o reagente FRAP, incubando na sequência
 228 por 30 minutos no escuro a $23 \pm 2\ ^\circ C$ e então as leituras das absorvâncias foram realizadas a
 229 593 nm. O reagente FRAP foi previamente preparado a $37^\circ C$, a partir da mistura de 300mM de
 230 tampão acetato (pH 3,6), 10mM de TPTZ [(2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina], (Sigma Aldrich, St.
 231 Louis, MO, EUA) e 20mM de solução de cloreto de ferro III ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$).

232 Para o ensaio ABTS^{•+}, o radical foi previamente preparado a partir de 5 mL de uma
 233 solução estoque do radical (7mM) misturada com 176 μL de solução de persulfato de potássio
 234 a 70 mM, incubada no escuro por 16h para obter uma absorvância de $0,700 \pm 0,500\ nm$ a 734
 235 nm, ajustando o ABTS^{•+} com álcool etílico se necessário. Após isso, foram adicionados 30 μL
 236 da amostra em 3 mL da solução ABTS^{•+} em um tubo de ensaio. Em outro tubo, adicionou-se
 237 30 μL de água destilada e 3 mL da solução ABTS^{•+} (controle). Realizaram-se leituras nos
 238 tempos 0 e 6 minutos para o controle e para as amostras após 6 minutos de incubação no escuro,
 239 ambas a 743 nm.

240 Finalmente, para a avaliação da capacidade antioxidante dos vinhos pelo ensaio DPPH*,
241 preparou-se a solução do radical DPPH* a 0,06 mM em metanol (Vetec Chemistry Ltda, Rio
242 de Janeiro, Brasil). O procedimento consistiu em misturar 100 µL de cada amostra de vinho
243 com 3,9 mL da solução de DPPH*. A mistura foi mantida em ambiente escuro por 60 minutos
244 a temperatura de 23°C ± 2 °C. A leitura das absorbâncias foi realizada no comprimento de onda
245 de 515 nm.

246

247 2.5 Análises cromatográficas

248

249 A partir de métodos previamente otimizados e validados nas mesmas condições
250 analíticas por Natividade *et al.* (2013) e Costa, Rodrigues *et al.* (2019), 22 compostos fenólicos
251 foram quantificados em cromatógrafo líquido Waters modelo Alliance e2695 (Milford, USA)
252 acoplado a detector de Arranjo de Diodos - DAD (280, 320, 360 e 520 nm), utilizando a coluna
253 Gemini-NX C18 (150 mm x 4,60 mm x 3 µm, Phenomenex®, EUA) e a pré-coluna Gemini-
254 NX C18 (4,0 mm x 3,0 mm, Phenomenex®, EUA). Para separação dos compostos, empregou-
255 se eluição por gradiente, com fase móvel constituída de solução de ácido orto-fosfórico (Fluka,
256 Suíça) em água ultra-pura (Purelab Option Q Elga System, EUA) a 0,85% (fase A), e
257 acetonitrila grau HPLC (J. T. Baker, Phillipsburg – NJ, EUA) (fase B), totalizando 60 minutos
258 de corrida. A temperatura do forno foi mantida a 40°C e o fluxo em 0,5 mL min⁻¹. O vinho foi
259 injetado sem diluição no equipamento, após filtração em membrana de nylon de diâmetro de
260 13 mm e tamanho do poro de 0,45µm (Allcrom, Phenomenex, EUA), utilizando como volume
261 de injeção 20 µL/amostra.

262 O padrão do ácido ferúlico foi obtido da ChemService (West Chester, PA, EUA). Os
263 ácidos cafeico, caftárico, ρ -cumárico, clorogênico, gálico, e o estilbeno piceatanol foram
264 comprados da Sigma-Aldrich (St Louis, MO, EUA). Isorhamnetina-3-*O*-glucosídeo,
265 quercetina-3- β -D-glucosídeo, rutina, pelargonidina-3-*O*-glucosídeo, cianidina-3-*O*-glucosídeo,
266 delphinidina-3-*O*-glucosídeo, malvidina-3-*O*-glucosídeo, peonidina-3-*O*-glucosídeo,
267 petunidina-3-*O*-glucosídeo, (-)-galato epicatequina, (-)-galato epigalocatequina, *trans*-
268 resveratrol, miricetina e caempferol-3-*O*-glucosídeo foram obtidos da Extrasynthese (Genay,
269 França). Por sua vez o *cis*-resveratrol foi adquirido da Cayman Chemical (Michigan, EUA).
270 Todos os padrões apresentaram em laudo grau de pureza superior a 95%.

271

272 2.6 Teste com consumidores

273

274 Após aprovação do projeto no Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos (CAAE
275 67164022.2.0000.8052), sessenta e um voluntários (34 mulheres e 27 homens), com idade entre
276 19 e 50 anos e consumidores habituais de vinho tinto, foram recrutados para avaliar
277 sensorialmente os vinhos Cabernet Sauvignon, entre funcionários da Embrapa Semiárido,
278 Petrolina-PE e estudantes do curso superior de Viticultura e Enologia do Instituto Federal do
279 Sertão Pernambucano, Petrolina-PE. O teste sensorial foi conduzido em cabines individuais,
280 sob luz branca e temperatura climatizada em 22°C. Alíquotas de 30mL de cada amostra, a
281 temperatura de 18°C, foram servidas em taças próprias para a degustação padrão ISO,
282 codificadas com três dígitos e tampadas com vidro de relógio para evitar perda de compostos
283 voláteis. A apresentação das amostras foi realizada de forma monádica e os consumidores foram
284 solicitados a avaliar o quanto gostaram ou desgostaram da aparência, aroma, sabor e de forma
285 global dos vinhos utilizando a escala hedônica híbrida (1 = desgostei extremamente; 5 = nem
286 gostei/nem desgostei; 9 = gostei extremamente) (Villanueva; Da Silva, 2009; Biasoto et al.,
287 2014).

288

289 2.7 Análise estatística

290

291 Os dados paramétricos foram submetidos a ANOVA e teste de comparação de médias
292 de Tukey ($p \leq 0,05$). Análise de Componentes Principais (ACP) utilizando matriz de correlação,
293 Análise de Agrupamento Hierárquico por distância euclidiana com Mapa de Calor (*Heatmap*),
294 e correlação de Spearman, foram utilizadas como ferramentas para avaliar o grau de correlação
295 entre a concentração dos compostos fenólicos identificados e a capacidade antioxidante do
296 vinho. Adicionalmente, foi construído um Mapa de Preferência Estendido (EPM) (Biasoto et
297 al., 2014) para relacionar a preferência individual de cada consumidor com a composição físico-
298 química e fenólica do vinho obtida em função do tratamento enológico testado. As análises
299 estatísticas foram realizadas a partir do software XLStat (Addinsoft Inc., Anglesey, Reino
300 Unido, 2015), com exceção da Análise de Agrupamentos Hierárquicos que foi obtida utilizando
301 o programa MetaboAnalyst 5.0 (interface web).

302

303

304

305 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

306

307 3.1 Composição físico-química

308

309 A Tabela 2 apresenta os resultados das variáveis físico-químicas determinadas nos
 310 vinhos tintos Cabernet Sauvignon, incluindo a avaliação da intensidade de cor (IC), tonalidade
 311 e índice de polifenóis totais (IPT). Nota-se que os valores mais elevados de IPT foram
 312 encontrados no tratamento TSC com 56,73 e no tratamento TCC com 54,71 devido ao processo
 313 de termovinificação a que foram submetidos. Altos valores de Índice de Polifenóis Totais (IPT)
 314 denotam vinhos qualitativamente superiores, evidenciando propriedades sensoriais como cor,
 315 sabor, textura, estrutura e propriedades funcionais, além do seu potencial de envelhecimento
 316 (Mateus, 2009; Perestrelo et al., 2012). De acordo com Barbará et al (2019), vinhos com IPT
 317 acima de 60 podem ser destinados à elaboração de vinhos de guarda. Àqueles que apresentam
 318 IPT entre 45 e 55 são melhores como vinhos jovens, já os que apresentam IPT abaixo de 45,
 319 valores encontrados no VTCC e VTSC, terão pouca durabilidade. De modo geral, os vinhos
 320 submetidos aos tratamentos com termovinificação, apresentaram adequados índices de
 321 compostos fenólicos, o que certamente repercute nas suas características gustativas.
 322 Adicionalmente, a prática de termovinificação também conseguiu aumentar a intensidade de
 323 cor (IC) do vinho. Neste caso, o valor de IC foi significativamente superior quando a
 324 termovinificação foi utilizada, independente da associação com o envelhecimento com chips.

325

326 **Tabela 2.** Caracterização físico-química, intensidade de cor (IC), tonalidade e índice de
 327 polifenóis totais (IPT) dos vinhos tintos da cultivar Cabernet Sauvignon, procedentes de
 328 Garanhuns-PE e elaborados a partir de diferentes técnicas de vinificação.

Parâmetros	Vinhos ^{1,2}			
	TCC	TSC	VTCC	VTSC
pH	3,51 ^d ± 0,02	3,73 ^a ± 0,05	3,56 ^c ± 0,01	3,67 ^b ± 0,03
Acidez total (g L ⁻¹)	5,95 ^a ± 0,04	5,18 ^c ± 0,09	5,31 ^b ± 0,03	5,34 ^b ± 0,05
Teor alcoólico % v/v	9,40 ^c ± 0,04	11,53 ^a ± 0,02	9,41 ^c ± 0,03	10,24 ^b ± 0,08
Extrato seco (g L ⁻¹)	28,76 ^a ± 1,00	27,82 ^a ± 0,46	24,17 ^b ± 1,40	24,59 ^b ± 2,29
IC	12,32 ^a ± 0,44	11,63 ^b ± 0,70	7,74 ^d ± 1,23	8,26 ^c ± 0,33
Tonalidade	0,71 ^b ± 0,03	0,67 ^d ± 0,01	0,73 ^a ± 0,02	0,70 ^c ± 0,00
IPT	54,71 ^a ± 2,15	56,73 ^a ± 3,75	32,57 ^c ± 1,85	43,67 ^b ± 1,57
Acidez volátil (g L ⁻¹)	0,74 ^c ± 0,06	0,33 ^d ± 0,04	0,86 ^a ± 0,03	0,78 ^b ± 0,04

329 ¹Médias com letras em comum em uma mesma linha indicam tratamentos que não diferiram significativamente
 330 entre si ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey. ²Legenda dos tratamentos: TCC - vinho elaborado com
 331 termovinificação e envelhecido artificialmente com a adição de chips de carvalho; TSC - vinho elaborado com
 332 termovinificação sem envelhecimento; VTCC - vinho elaborado pelo método tradicional e envelhecido

333 artificialmente com a adição de chips de carvalho; VTSC - vinho elaborado pelo método tradicional sem
334 envelhecimento.
335

336 A termovinificação também aumentou o conteúdo alcoólico do vinho, mas somente
337 quando o produto não foi submetido simultaneamente ao envelhecimento rápido com chip de
338 carvalho. Assim, o vinho TSC apresentou o maior teor alcoólico (11,53%), e o vinho controle
339 (VTSC) obteve o segundo maior valor (10,24%). Enquanto os vinhos submetidos ao
340 envelhecimento com chips de carvalho apresentaram teores alcoólicos em torno de 9,4%. Todas
341 as amostras apresentaram valores que se enquadravam nos limites estabelecidos pela legislação
342 brasileira, que é de 8,6% a 14% (v/v) para o vinho de mesa e vinho fino (Brasil, 2004). O grau
343 alcoólico corresponde ao percentual de etanol contido nas bebidas alcoólicas em geral.
344 Considerando que a fermentação alcoólica refere-se a biotransformação do açúcar, pode-se
345 afirmar que a qualidade de um vinho relaciona-se com o seu grau alcoólico, uma vez que a total
346 maturação das uvas faz com que, além dos açúcares, muitas outras substâncias importantes para
347 a qualidade, como os polifenóis, sejam ampliadas ou alteradas durante o processo. Os resultados
348 obtidos demonstram que a região de Garanhuns apresentam condições para a obtenção de
349 vinhos com teores de etanol adequados para uma boa performance sensorial.

350 O extrato seco (ES) de um vinho corresponde ao peso do resíduo seco obtido após a
351 evaporação de todas as substâncias voláteis presentes na sua matriz (Rizzon, 2010). De acordo
352 com Fellipeto, Caliari e Guerra (2020) o valor de extrato seco do vinho tinto seco deve ser
353 superior a $21,0 \text{ g L}^{-1}$. Entretanto, a legislação brasileira não estabelece um valor mínimo para o
354 teor de extrato seco total em vinhos. Todas as amostras apresentaram valores superiores a $21,0$
355 g L^{-1} de extrato seco.

356 Segundo Rizzon *et al.* (1987), os vinhos brasileiros apresentam pH que varia de 3,0 a
357 3,6 dependendo do tipo de vinho, da cultivar de uva e safra. A avaliação desse parâmetro é
358 importante pelo seu efeito na cor, no sabor e na proporção entre SO_2 livre e combinado. Para
359 que o vinho atinja níveis satisfatórios destas características, o pH deve ficar entre 3,1 e 3,6
360 (Amerine & Ough, 1976). Valores de pH inferiores tendem a aumentar a estabilidade do vinho,
361 uma vez que a bebida torna-se menos susceptível a alterações microbiológicas e físico-químicas
362 (Rizzon; Miele, 2002; Fellipeto, Caliari; Guerra, 2020). Os valores de pH das amostras de vinho
363 ‘Cabernet Sauvignon’ analisadas nesse trabalho foram próximos ao citado, variaram entre os
364 valores de 3,51 a 3,73, considerados adequados para vinhos tintos.

365 Com relação aos dados referentes à acidez total, as amostras se enquadraram nos padrões
 366 de identidade e qualidade estabelecidos pela legislação, que prevê uma acidez mínima de 40
 367 meq L⁻¹ (4,12 g L⁻¹) e máxima de 130 meq L⁻¹ (9,75 g L⁻¹) (Brasil, 2019). A acidez total (AT)
 368 foi mais elevada no elaborado a partir de termovinificação e envelhecimento com chip (TCC),
 369 chegando a 5,95 g L⁻¹, esta amostra também apresentou o menor valor de pH de 3,51.

370

371 3.2 Perfil de compostos fenólicos

372

373 Com relação à composição fenólica, pode-se observar na Tabela 3 diferenças
 374 promovidas pelas práticas enológicas na concentração dos 22 compostos quantificados nos
 375 vinhos ‘Cabernet Sauvignon’, assim como no conteúdo de compostos fenólicos totais e
 376 antocianinas monoméricas totais. Nota-se, de forma geral, que a utilização da termovinificação
 377 favoreceu uma maior extração de compostos fenólicos da uva para o vinho. Assim, os vinhos
 378 elaborados utilizando a técnica de termovinificação (TCC e TSC) se destacaram no conteúdo
 379 de antocianinas monoméricas e compostos fenólicos totais.

380 Para Atanackovic *et al.* (2012) e El Darra *et al.* (2016) a termovinificação também
 381 favoreceu maior extração de compostos fenólicos. As paredes celulares da casca da uva são
 382 uma barreira limitante para a liberação de polifenóis no mosto durante a fermentação então um
 383 rápido aumento na temperatura durante a termovinificação causa grave degradação das paredes
 384 celulares da pele e acelera repentinamente a extração de compostos químicos (Auw, Blanco,
 385 O’Keefe, & Sims, 1996). Dos 22 compostos fenólicos quantificados por HPLC-DAD (entre
 386 ácidos fenólicos, flavanóis, flavonóis, antocianinas e estilbenos), 18 apresentaram-se em
 387 maiores concentrações em pelo menos uma das amostras elaboradas com termovinificação
 388 (TCC ou TSC) (Tabela 3).

389

390 **Tabela 3.** Perfil de compostos fenólicos dos vinhos tintos da cultivar Cabernet Sauvignon,
 391 procedentes de Garanhuns-PE e elaborados a partir de diferentes técnicas de vinificação.

Vinhos ^{1,2}				
Compostos fenólicos (mg L ⁻¹)	TCC	TSC	VTCC	VTSC
Ácido gálico	29,48 ^a ± 3,10	21,47 ^b ± 3,68	12,94 ^c ± 1,29	11,66 ^d ± 0,22
Acido cafeico	2,17 ^c ± 0,08	2,42 ^c ± 0,27	7,49 ^a ± 1,10	5,91 ^b ± 0,40
Acido caftárico	172,66 ^b ± 0,46	189,08 ^a ± 41,17	90,21 ^c ± 7,48	65,22 ^d ± 0,01
Acido clorogênico	7,19 ^a ± 0,14	7,18 ^a ± 0,91	5,79 ^b ± 0,37	4,97 ^c ± 0,16
Acido p- cumárico	2,04 ^c ± 0,01	1,20 ^d ± 0,30	3,35 ^a ± 0,44	2,67 ^b ± 0,07

Acido ferulico	0,91 ^b ± 0,00	1,26 ^a ± 0,14	0,87 ^{bc} ± 0,06	0,85 ^c ± 0,00
(-)-galato epicatequina	1,55 ^c ± 0,05	2,82 ^a ± 0,25	1,57 ^c ± 0,03	1,78 ^b ± 0,10
(-)-galato epigallocatequina	3,29 ^a ± 0,11	3,26 ^a ± 0,24	3,11 ^b ± 0,10	2,95 ^c ± 0,09
Caempferol-3- <i>O</i> - glucosídeo	8,50 ^a ± 0,01	8,77 ^a ± 1,82	4,43 ^b ± 0,96	4,70 ^b ± 0,32
Quercetina-3-β- D-glucosídeo	68,92 ^b ± 0,04	78,96 ^a ± 14,60	40,93 ^c ± 8,31	43,46 ^c ± 3,75
Isorhamnetina-3- <i>O</i> -glucosídeo	13,37 ^b ± 0,20	15,86 ^a ± 2,16	10,28 ^c ± 1,71	11,23 ^c ± 1,09
Miricetina	1,25 ^b ± 0,05	1,53 ^a ± 0,02	1,15 ^{bc} ± 0,16	1,07 ^c ± 0,10
Rutina	5,06 ^b ± 0,13	5,85 ^a ± 0,51	2,02 ^c ± 1,03	1,73 ^c ± 0,39
Piceatannol	0,57 ^a ± 0,01	0,57 ^a ± 0,00	0,55 ^a ± 0,02	0,56 ^a ± 0,01
<i>trans</i> -resveratrol	0,66 ^a ± 0,08	0,64 ^a ± 0,01	0,57 ^b ± 0,02	0,55 ^b ± 0,00
<i>cis</i> -resveratrol	0,28 ^a ± 0,00	0,33 ^a ± 0,03	0,35 ^a ± 0,00	0,35 ^a ± 0,01
Pelargonidina-3- <i>O</i> -glucosídeo	2,66 ^b ± 0,27	4,88 ^a ± 0,62	2,34 ^{bc} ± 1,31	2,01 ^c ± 0,29
Cianidina-3- <i>O</i> - glucosídeo	0,42 ^b ± 0,01	0,49 ^a ± 0,02	0,44 ^b ± 0,01	0,40 ^b ± 0,03
Delfinidina-3- <i>O</i> - glucosídeo	2,60 ^b ± 0,24	4,36 ^a ± 0,47	1,83 ^c ± 1,05	1,46 ^d ± 0,27
Malvidina-3- <i>O</i> - glucosídeo	17,43 ^c ± 1,18	39,02 ^a ± 3,14	23,33 ^b ± 11,75	20,02 ^{bc} ± 4,96
Peonidina-3- <i>O</i> - glucosídeo	0,97 ^c ± 0,16	1,71 ^a ± 0,12	1,22 ^b ± 0,00	0,62 ^d ± 0,00
Petunidina-3- <i>O</i> - glucosídeo	3,22 ^b ± 0,21	5,92 ^a ± 0,85	2,72 ^{bc} ± 0,44	2,55 ^c ± 0,10
Antocianinas Monoméricas ³	125,41 ^b ± 30,00	142,35 ^a ± 37,52	76,17 ^c ± 21,87	80,74 ^c ± 15,04
Compostos fenólicos Totais ⁴	2905,83 ^a ± 143,43	2552,18 ^b ± 405,05	1316,47 ^c ± 40,20	1255,25 ^c ± 21,36

392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402

¹Médias com letras em comum em uma mesma linha indicam tratamentos que não diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey. ²Legenda dos tratamentos: TCC - vinho elaborado com termovinificação e envelhecido artificialmente com a adição de chips de carvalho; TSC - vinho elaborado com termovinificação sem envelhecimento; VTCC - vinho elaborado pelo método tradicional e envelhecido artificialmente com a adição de chips de carvalho; VTSC - vinho elaborado pelo método tradicional sem envelhecimento. ³Teor total de antocianinas monoméricas determinado por método espectrofotométrico, sendo o resultado expresso em mg L⁻¹ de malvidina-3-*O*-glucosídeo. ⁴Teor total de compostos fenólicos determinado por método espectrofotométrico, sendo o resultado expresso em mg L⁻¹ de ácido gálico.

403 Utilizando HPLC-DAD seis antocianinas foram identificadas e quantificadas nas
404 amostras, foram elas: malvidina-3-*O*-glucosídeo, petunidina-3-*O*-glucosídeo, pelargonidina-3-
405 *O*-glucosídeo, delfinidina-3-*O*-glucosídeo, peonidina-3-*O*-glucosídeo e cianidina-3-*O*-
406 glucosídeo (em ordem decrescente de concentração). Todas essas antocianinas foram
407 identificadas em concentrações significativamente maiores na amostra TSC, demonstrando que
408 a quantificação condiz com o conteúdo de antocianinas monoméricas mais elevado encontrado
409 nesta amostra (Tabela 3). Por outro lado, constatou-se que o envelhecimento com chips de

410 carvalho associado a técnica de termovinificação proporcionou uma redução significativa no
411 conteúdo de antocianinas monoméricas do vinho ‘Cabernet Sauvignon’, e o conteúdo reduziu
412 de 142,35 para 125,41 mg L⁻¹. Durante o envelhecimento em madeira, a diminuição da
413 concentração de antocianinas ocorre devido a reações de degradação, sendo quebrada pelo calor
414 em ácidos fenólicos ou reagindo com compostos de ligação, originando outros compostos
415 (Ribereau-Gayon et al., 2006).

416 Interessante notar que o tratamento TCC proporcionou ao vinho Cabernet Sauvignon a
417 maior intensidade de cor, ainda que tenha sido encontrada uma quantidade superior de
418 antocianinas na amostra originária de TSC (Tabela 2). Para Liu et al. (2016) os tratamentos
419 com chips de carvalho melhoraram significativamente a contribuição de antocianina
420 copigmentada para a cor do vinho. As antocianinas são basicamente compostas por antocianinas
421 livres, copigmentadas e polimerizadas no vinho. Antocianinas copigmentadas podem levar a
422 um efeito hipercrômico ao vinho, o que realça a cor do vinho (Boulton, 2001; Zhang et al.,
423 2016). Os vinhos tratados com chips de carvalho tiveram a contribuição de cor semelhante das
424 antocianinas livres ou polimerizadas, pois os ácidos fenólicos foram extraídos dos chips de
425 carvalho para esses vinhos (Liu et al., 2016).

426 Cinco flavonóis (quercetina-3-β-D-glucosídeo, isorhamnetina-3-O-glicosídeo,
427 caempferol-3-O-glucosídeo, rutina e miricetina) também foram determinados, estando quatro
428 deles em maiores concentrações no vinho ‘Cabernet Sauvignon’ originário do tratamento TSC
429 e somente um deles, o caempferol-3-O-glucosídeo, em maior concentração no tratamento TCC,
430 mas com uma diferença não significativa a $p \leq 0,05$. Os flavonóis são pigmentos amarelos
431 presentes em grandes quantidades na casca da uva e que assim como as antocianinas têm uma
432 função importante na pigmentação do vinho tinto (Ribereau-Gayon et al., 2006).

433 Maiores concentrações dos ácidos fenólicos majoritários (caftárico e gálico, nessa
434 ordem de importância) também foram encontradas no vinho ‘Cabernet Sauvignon’ elaborado a
435 partir dos tratamentos que foram submetidos a termovinificação (TCC e TSC). Constatando-se
436 que a aplicação da prática de termovinificação apresenta grande potencial para a promover uma
437 maior extração desses ácidos em comparação a maceração tradicional, uma vez que propicia
438 maior degradação da membrana celular da uva, favorecendo a extração desses compostos, além
439 de outros fitoquímicos, como já citado anteriormente (El Darra et al., 2016). Em contrapartida,
440 os ácidos cafeico e p-cumarico foram quantificados em menores teores no vinho quando as
441 uvas foram submetidas a termovinificação. Possivelmente eles sofreram degradação térmica

442 durante esse processo (Zhang *et al.*, 2015; Zhang & Wang, 2017), que utilizou temperatura de
443 65°C durante 2h. Adicionalmente, a Tabela 3 mostra que o uso de chips de carvalho aumentou
444 significativamente o conteúdo dos ácidos caftárico, cafeico e clorogênico na elaboração do
445 vinho ‘Cabernet Sauvignon’. Liu *et al.* (2016) também observaram um aumento nos teores dos
446 ácidos clorogênico, gálico, e cafeico, e caftarico após a adição de 5 g L⁻¹ de chips de carvalho
447 em vinho tinto “cabernet sauvignon”, devido aos ácidos fenólicos terem sido possivelmente
448 extraídos dos chips de carvalho para esses vinhos.

449 Os flavanóis quantificados foram a (-)-galato epicatequina e a(-)-galato
450 epigallocatequina. Nota-se também que com a exceção de dois estilbenos, piceatanol e *cis*-
451 resveratol, cuja a concentração não diferiu significativamente entre nenhum dos tratamentos, o
452 conteúdo de *trans*-resveratrol aumentou significativamente com o uso de termovinificação.

453

454 3.3 Atividade antioxidante (AOX)

455

456 A Figura 1 apresenta o resultado da análise da capacidade antioxidante (AOX) dos
457 vinhos Cabernet Sauvignon pelos ensaios *in vitro* ABTS^{•+}, DPPH[•] e FRAP. Os vinhos que
458 passaram pelo tratamento de termovinificação (TCC e TSC), apresentaram os maiores
459 conteúdos de compostos fenólicos totais pelo método espectrofotométrico e foram os que se
460 destacaram em AOX, chegando a cerca de 11 mmol TEAC L⁻¹ pelo método ABTS^{•+}, 15 mmol
461 TEAC L⁻¹ pelo método DPPH[•] e 6 mmol TEAC L⁻¹ pelo método FRAP. Correlações
462 significativas entre o valor de compostos fenólicos totais de vinhos e AOX foram observadas
463 em diversos trabalhos, a exemplo de Baroni *et al.* (2012), que realizou ensaios *in vitro* e *in vivo*,
464 e Porgali *et al.* (2006) e Gallego *et al.* (2012).

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

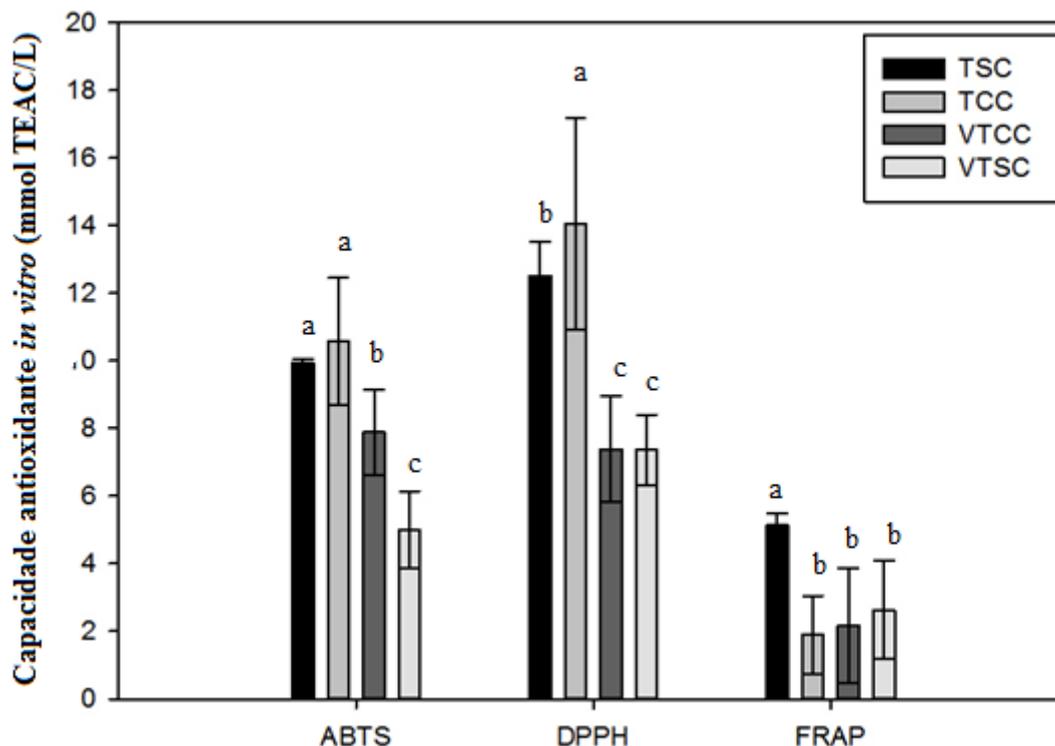
477

478

479

480

481 **Figura 1** – Resultado da avaliação da capacidade antioxidante dos vinhos tintos da cultivar
 482 Cabernet Sauvignon, procedentes de Garanhuns-PE e elaborados a partir de diferentes técnicas
 483 de vinificação.



488 Legenda: TCC - vinho elaborado com termovinificação e envelhecido artificialmente com a adição de chips de
 489 carvalho; TSC - vinho elaborado com termovinificação sem envelhecimento; VTCC - vinho elaborado pelo
 490 método tradicional e envelhecido artificialmente com a adição de chips de carvalho; VTSC - vinho elaborado
 491 pelo método tradicional sem envelhecimento.

492

493 Entretanto, nota-se na Figura 1 que, ainda que de forma geral, a prática de
 494 termovinificação tenha elevado o potencial antioxidante do vinho em comparação a maceração
 495 tradicional, a AOX diferiu entre os três métodos testados em função da associação ou não da
 496 prática de termovinificação com o envelhecimento utilizando chips de carvalho. Assim, TCC se
 497 destacou em AOX por DPPH; TSC pelo método FRAP, TSC e TCC não diferiram
 498 significativamente em AOX utilizando ABTS⁺⁺. Em contrapartida, o uso de chip para o
 499 envelhecimento do vinho ‘Cabernet Sauvignon’ elaborado utilizando maceração tradicional
 500 (tratamento VTCC), aumentou a AOX com o ensaio ABTS⁺⁺.

501 Como afirmaram Garcia-Falcon *et al.* (2007), nem todos os compostos fenólicos exibem
 502 a mesma AOX, sugerindo que a ação antioxidante dos vinhos encontra-se mais relacionada ao
 503 perfil de compostos fenólicos da bebida do que ao conteúdo global desses fitoquímicos. Nesse

504 sentido, utilizando a classificação proposta por Granato *et al.* (2014) e correlação de Spearman,
 505 nota-se na Tabela 4 que os compostos *trans*-resveratrol, ácido gálico, ácido clorogênico e (-)-
 506 galato epigalocatequina apresentaram correlação perfeita ($r = 1,00$ e $p < 0,0001$) com AOX
 507 pelos métodos ABTS^{•+} e DPPH[•]. Enquanto somente (-)-galato epicatequina apresentou
 508 correlação perfeita com AOX pelo método FRAP. Esse ensaio por sua vez apresentou
 509 correlação muito fraca com os demais testados, ABTS^{•+} e DPPH[•], que se correlacionaram
 510 perfeitamente entre si.

511 **Tabela 4** – Correlação de Spearman entre os compostos fenólicos identificados e a atividade
 512 antioxidante do vinho Cabernet Sauvignon de Garanhuns-PE, Brasil, mensurada pelos ensaios
 513 *in vitro* de DPPH[•], ABTS^{•+} e FRAP

Variáveis	ABTS ^{•+}		DPPH [•]		FRAP	
	r ^l	p	r ^l	p	r ^l	p
Ácido Gálico	1,000	0,000	1,000	0,000	0,160	0,750
Ácido Cafeico	0,640	0,333	0,640	0,333	0,040	0,917
Ácido Caftárico	0,640	0,333	0,640	0,333	0,040	0,917
Ácido Clorogênico	1,000	< 0,0001	1,000	< 0,0001	0,160	0,750
Ácido p-cumarico	0,360	0,417	0,360	0,417	0,160	0,750
Ácido Ferulico	0,640	0,333	0,640	0,333	0,040	0,917
(-)-Galato Epicatequina	0,160	0,750	0,160	0,750	1,000	< 0,0001
(-)-Galato Epigalocatequina	1,000	< 0,0001	1,000	< 0,0001	0,160	0,750
Caempferol-3-O-glucosídeo	0,360	0,417	0,360	0,417	0,160	0,750
Quercetina-3-β-D-glucosídeo	0,360	0,417	0,360	0,417	0,160	0,750
Isorhamnetina-3-O-glucosídeo	0,360	0,417	0,360	0,417	0,160	0,750
Miricetina	0,640	0,333	0,640	0,333	0,040	0,917
Rutina	0,640	0,333	0,640	0,333	0,040	0,917
Piceatanol	0,360	0,417	0,360	0,417	0,160	0,750
<i>trans</i> -Resveratrol	1,000	< 0,0001	1,000	< 0,0001	0,160	0,750
<i>cis</i> -Resveratrol	0,640	0,333	0,640	0,333	0,040	0,917
Pelargonidina-3-O-glucosídeo	0,640	0,333	0,640	0,333	0,040	0,917
Cianidina-3-O-glucosídeo	0,160	0,750	0,160	0,750	0,160	0,750
Delfinidina-3-O-glucosídeo	0,640	0,333	0,640	0,333	0,040	0,917
Malvidina-3-O-glucosídeo	0,040	0,917	0,040	0,917	0,640	0,333
Peonidina-3-O-glucosídeo	0,160	0,750	0,160	0,750	0,160	0,750
Petunidina-3-O-glucosídeo	0,640	0,333	0,640	0,333	0,040	0,917
ABTS	----	----	1,000	< 0,0001	0,160	0,750
DPPH	1,000	< 0,0001	----	----	0,160	0,750
FRAP	0,160	0,750	0,160	0,750	----	----

514 Coeficientes de determinação de Spearman (r): correlação muito fraca (quase nenhuma): $0,10 \leq r$; moderada: $0,50$
 515 $\leq r < 0,80$; forte: $0,80 \leq r < 1,0$; perfeita: $r = 1,00$ (Granato et al., 2014). Correlações fortes e perfeitas estão
 516 destacadas em negrito

517

518 O vinho do tratamento TSC de fato apresentou maior concentração de (-)-galato
 519 epicatequina e destacou-se em AOX pelo ensaio FRAP. Por outro lado, TCC e TSC não
 520 diferiram significativamente nos conteúdos de *trans*-resveratrol, (-)-galato epigalocatequina e

521 ácido clorogênico, no entanto, TCC destacou-se de TSC em relação ao conteúdo de ácido
522 gálico. Possivelmente, o fato do tratamento TCC apresentar maior conteúdo de ácido gálico,
523 contribuiu para que obtivesse maiores valores de AOX pelo método DPPH*.

524

525 *3.4 Correlação entre compostos fenólicos e AOX utilizando análise multivariada*

526

527 A Figura 2 apresenta a Análise de Componentes Principais (ACP) que mostra as
528 diferenças e similaridades dos vinhos tintos ‘Cabernet Sauvignon’ em relação ao perfil de
529 compostos fenólicos e AOX. Visualizando a Figura 2A, que apresenta a distribuição das
530 amostras, nota-se que a prática de envelhecimento com chip de carvalho promoveu maiores
531 diferenças no perfil de compostos fenólicos e AOX do vinho Cabernet Sauvignon quando
532 associada a prática de termovinificação do que quando foi aplicada junto a maceração
533 tradicional. A Figura 2A mostra uma grande proximidade entre as amostras VTCC e VTSC,
534 demonstrando a similaridade entre elas em relação ao conteúdo de compostos fenólicos e AOX,
535 no entanto, TCC e TSC encontram-se mais distantes, ocupando posições opostas no gráfico em
536 relação a segunda componente principal (CP 2), que responde por 18,96% da variabilidade entre
537 as amostras. Ainda assim, TCC e TSC diferenciam-se mais de VTCC e VTSC do que entre si,
538 uma vez que VTCC e VTSC situam-se na parte negativa da CP1 e TCC e TSC na parte positiva
539 da componente, e esta responde por 75,10% da variabilidade entre as amostras.

540

541

542

543

544

545

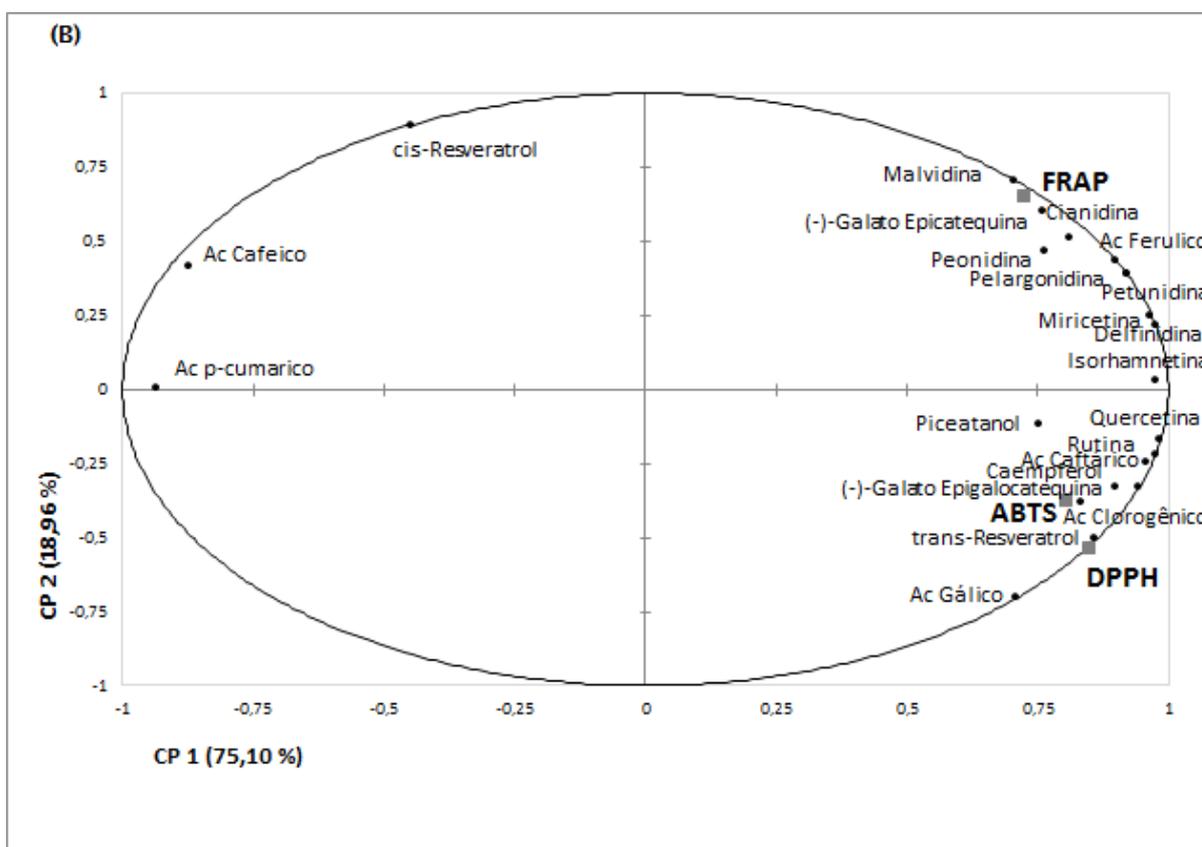
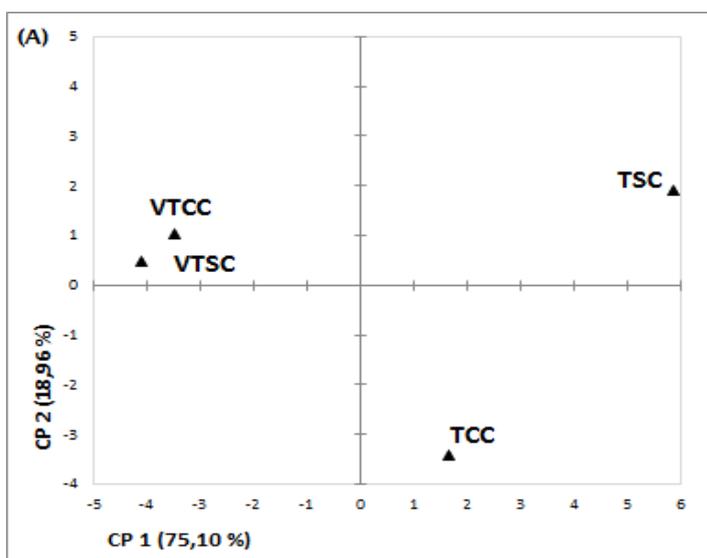
546

547

548

549

550 **Figura 2.** Análise de Componentes Principais (ACP) construída para discriminar o perfil de
 551 compostos fenólicos do vinho Cabernet Sauvignon de Garanhuns, PE em função do tratamento
 552 enológico testado, e avaliar o impacto das diferentes concentrações encontradas desses
 553 compostos sob a capacidade antioxidante da bebida. (A) distribuição das amostras; (B)
 554 distribuição dos vetores representando os compostos fenólicos e a capacidade antioxidantes
 555 pelos ensaios DPPH[•], ABTS^{•+} e FRAP.



557

558 Legenda: TCC - vinho elaborado com termovinificação e envelhecido artificialmente com a adição de chips de
 559 carvalho; TSC - vinho elaborado com termovinificação sem envelhecimento; VTCC - vinho elaborado pelo
 560 método tradicional e envelhecido artificialmente com a adição de chips de carvalho; VTSC - vinho elaborado
 561 pelo método tradicional sem envelhecimento.

562

563 Corroborando com os resultados da Tabela 3 e Figura 1, nota-se que a prática de
564 termovinificação aumentou o conteúdo de compostos fitoquímicos do vinho e sua AOX,
565 quando as Figuras 2A e 2B são visualizadas de forma sobreposta. A grande maioria dos vetores
566 que representam os compostos fenólicos (Figura 2B) apontam para as amostras localizadas no
567 lado positivo da CP1 (TCC e TSC), juntamente com os vetores que representam AOX pelos
568 ensaios DPPH[•], FRAP e ABTS^{•+}. Com relação aos vetores que representam AOX, AOX pelo
569 método FRAP encontra-se junto ao vinho originário do tratamento TSC, enquanto AOX pelos
570 métodos ABTS^{•+} e DPPH[•] situam-se mais próximos a amostra TCC.

571 Também é importante destacar que quanto mais próximos os vetores se encontram,
572 maior é a correlação entre eles, indicando uma possível correlação entre FRAP e a concentração
573 de malvidina-3-*O*-glucosídeo, cianidina-3-*O*-glucosídeo, pelargonidina-3-*O*-glucosídeo,
574 petunidina-3-*O*-glucosídeo ácido ferulico, isohrmetina-3-*O*-glucosídeo, delphinidina-3-*O*-
575 glucosídeo e miricetina e (-)-galato epicatequina. Estes vetores também estão mais próximos
576 da amostra TSC, que de fato se destaca significativamente ($p \leq 0,05$) no conteúdo de todos esses
577 compostos de acordo com a Tabela 3. Por sua vez, também é possível notar na Figura 2B uma
578 possível correlação positiva entre DPPH[•] e ABTS^{•+} e os compostos *trans*-resveratrol, ácido
579 gálico, ácido clorogênico, (-)-galato epigallocatequina, caempferol-3-*O*-glucosídeo, ácido
580 caftárico, rutina e quercetina-3- β -D-glucosídeo. Entretanto, a amostra TCC apenas obteve
581 concentração significativamente superior de ácido gálico (Tabela 3), que é o vetor que se situa
582 mais próxima a ela.

583

584

585

586

587

588

589

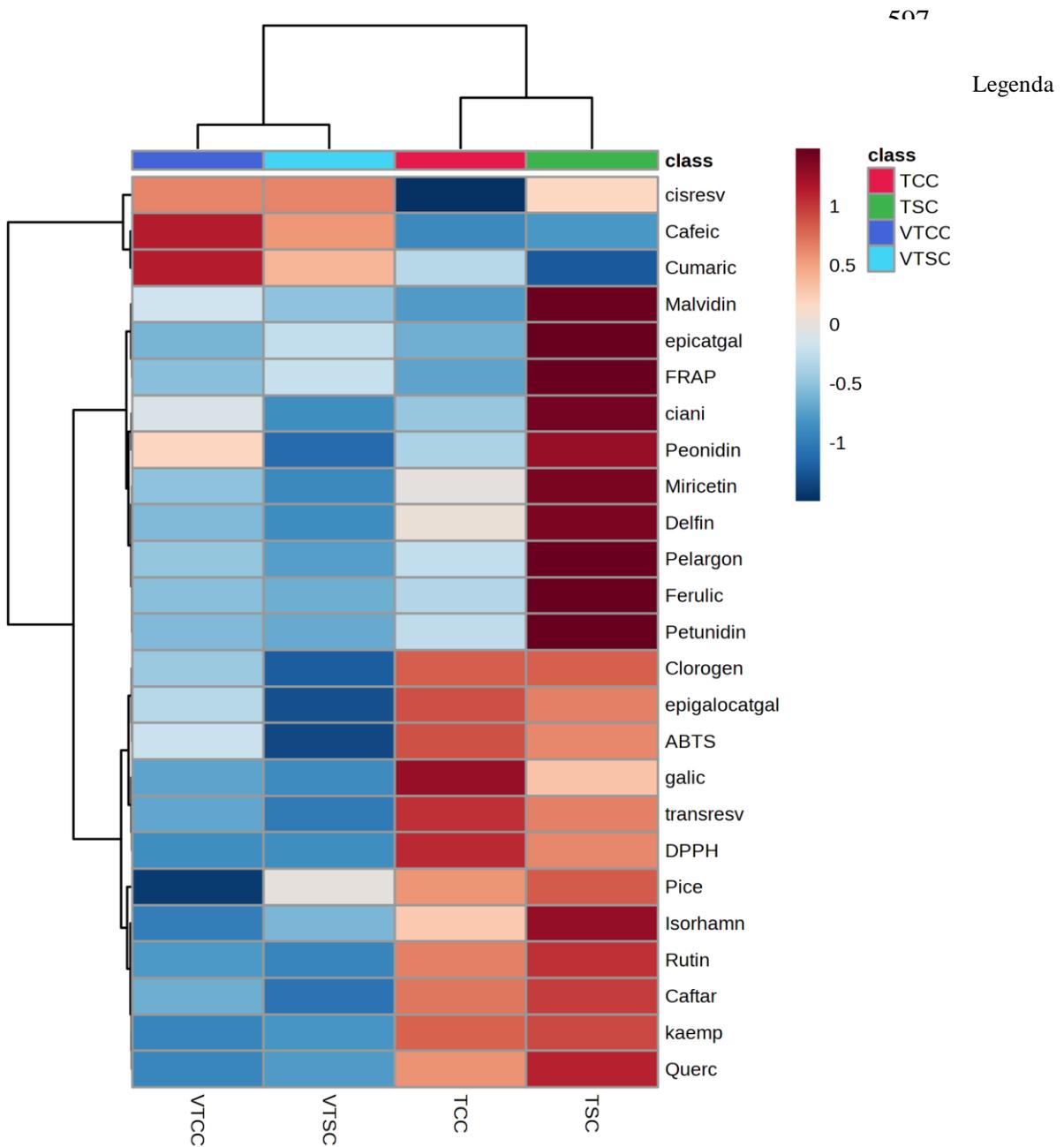
590

591

592

593

594 **Figura 3.** Análise de Agrupamento Hierárquico com Mapa de calor (Heatmap) gerado a partir
 595 dos compostos fenólicos quantificados e capacidade antioxidante (ensaios DPPH[•], ABTS^{•+} e
 596 FRAP).



599 Tratamentos: TCC - vinho elaborado com termovinificação e envelhecido artificialmente com a adição de chips
 600 de carvalho; TSC - vinho elaborado com termovinificação sem envelhecimento; VTCC - vinho elaborado pelo
 601 método tradicional e envelhecido artificialmente com a adição de chips de carvalho; VTSC - vinho elaborado
 602 pelo método tradicional sem envelhecimento. Legenda compostos fenólicos: cisresv = *cis*-resveratrol, Cafeic =
 603 ácido cafeico, Cumaric = ácido *o*-cumárico, Malvidin = malvidina-3-*O*-glucosídeo, epicatgal = (-)-galato
 604 epicatequina, ciani = cianidina-3-*O*-glucosídeo, Peonidin = peonidina-3-*O*-glucosídeo, Miricetin = miricetina,
 605 Delfin = delfinidina-3-*O*-glucosídeo, Pelargon = pelargonidina-3-*O*-glucosídeo, ferulic = ácido ferulico,
 606 Petunidin = petunidina-3-*O*-glucosídeo, Clorogen = ácido clorogênico, epigalocatgal = (-)-galato
 607 epigalocatequina, galic = ácido gálico, transresv = *trans*-resveratrol, Pice = piceatanol, Isohram = isohramnetina-
 608 3-*O*-glucosídeo, Rutin = rutina, Caftar = ácido caftárico, Kaemp = caempferol-3-*O*-glucosídeo, Querc =
 609 quercetina-3- β -D-glucosídeo.

610

611 A análise de agrupamento hierárquico com mapa de calor (Heatmap) (Figura 3) foi
612 utilizada como ferramenta adicional para evidenciar o impacto das práticas de vinificação
613 testadas no conteúdo de compostos fenólicos e da capacidade antioxidante do vinho ‘Cabernet
614 Sauvignon’. Os resultados do Heatmap ressaltaram a diferença entre os tratamentos com a
615 aplicação de maceração tradicional e termovinificação, incluindo TSC e TCC em um
616 agrupamento e VTCC e VTCC em outro agrupamento. Os compostos fenólicos identificados
617 como as variáveis mais significativas para diferenciar os dois agrupamentos foram as
618 antocianinas malvidina-3-*O*-glucosídeo, cianidina-3-*O*-glucosídeo, petunidina-3-*O*-
619 glucosídeo, delphinidina-3-*O*-glucosídeo, pelargonidina-3-*O*-glucosídeo, ácidos ferulico e
620 gálico, (-)-galato epicatequina e os flavonóis isorhamnetina-3-*O*-glucosídeo e miricetina, além
621 de AOX pelo método FRAP. Com exceção do ácido gálico, esses compostos e FRAP
622 apresentaram maior correlação com a amostra TSC, sendo esta correlação elevada, atingindo
623 valor próximo a 1,0. Além do ácido gálico, DPPH* e *trans*-resveratrol apresentaram forte
624 correlação com a amostra TCC. Por outro lado, apenas dois compostos fenólicos se
625 correlacionaram melhor com o grupamento das amostras VTCC e VTSC, foram eles os ácidos
626 cafeico e ρ -cumárico, destacando uma maior correlação entre eles e a amostra originada do
627 envelhecimento com chip de carvalho (VTCC).

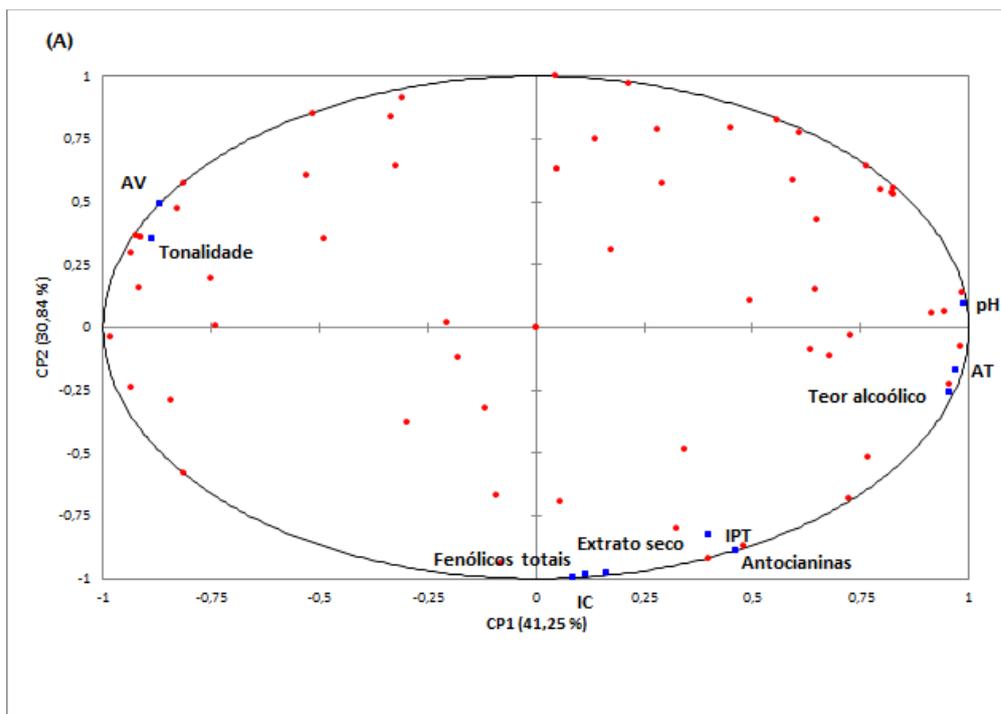
628

629 3.5 Teste com consumidores

630

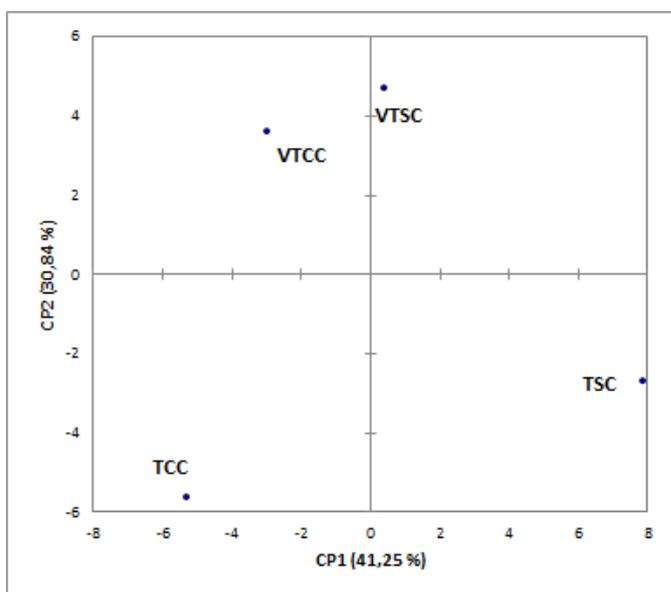
631 O Mapa Estendido de Preferência (EPM) (Figura 4) foi construído para relacionar a
632 preferência individual dos consumidores com a composição físico-química e fenólica dos
633 vinhos.

634 **Figura 4.** Mapa de Preferência Estendido (EPM) construído para relacionar a preferência
635 individual de cada consumidor com a composição físico-química do vinho Cabernet Sauvignon
636 em função do tratamento enológico testado (A) distribuição dos vetores representando as
637 variáveis (pH, acidez total – AT, acidez volátil – AV, teor alcóolico, extrato seco, compostos
638 fenólicos, índice de polifenóis totais – IPT, intensidade de cor – IC, tonalidade e antocianinas)
639 e os consumidores (círculos vermelhos); (B) distribuição das amostras.



640

641



642

643 Legenda: TCC - vinho elaborado com termovinificação e envelhecido artificialmente com a adição de chips de
 644 carvalho; TSC - vinho elaborado com termovinificação sem envelhecimento; VTCC - vinho elaborado pelo
 645 método tradicional e envelhecido artificialmente com a adição de chips de carvalho; VTSC - vinho elaborado
 646 pelo método tradicional sem envelhecimento.

647

648 Os vinhos não diferiram com relação a aceitação da aparência, ainda que a
 649 termovinificação tenha proporcionado maior intensidade de cor à bebida (Tabela 5). As médias
 650 de aceitação da aparência foram elevadas (entre 7,3 a 7,7) situando-se entre gostei

651 moderadamente e gostei muito na escala hedônica híbrida. Com relação a aceitação do aroma
 652 também não foi identificada diferença significativa entre os vinhos, sendo todos apreciados
 653 pelos consumidores, e as médias variaram entre 6,4 (TCC) e 7,5 (VTCC). Por sua vez, com
 654 relação ao sabor, destacou-se o vinho originado do tratamento VTSC, que recebeu nota de
 655 aceitação (6,2), próxima a “gostei ligeiramente”. No entanto, a média de aceitação do sabor
 656 desse vinho apenas diferiu significativamente da amostra TCC, cuja aceitação foi neutra
 657 segundo os consumidores, recebendo média 5,0, igual a “nem gostei/nem desgostei”. O
 658 tratamento VTSC também obteve a maior média para aceitação global (6,6), situada mais
 659 próxima a “gostei moderadamente”, e novamente apenas diferiu em aceitação global da amostra
 660 do tratamento TCC, cuja nota recebida também foi de aceitação (5,9), próxima a “gostei
 661 ligeiramente”.

662 O EPM (Figura 4) mostra a preferência dos consumidores distribuída entre as quatro
 663 amostras de vinho ‘Cabernet Sauvignon’ avaliadas. A maior parte dos julgadores encontrou-se
 664 mais próxima das amostras VTSC e VTCC, ainda que tenham indivíduos que tenham preferido
 665 TCC e TSC. Também nota-se que o aumento da IC, do IPT, ou do conteúdo de compostos
 666 fenólicos e antocianinas não promoveram uma melhor aceitação global do vinho, uma vez que
 667 poucos consumidores encontraram-se próximos aos vetores que os representaram. Da mesma
 668 forma, que ocorreu com relação ao conteúdo alcóolico.

669

670 **Tabela 5** – Médias de aceitação dos vinhos Cabernet Sauvignon de Garanhuns, PE após teste
 671 realizado com consumidores.

672	673 Médias de Aceitação ¹	674 Vinhos ^{2,3}			
		675 VTSC	676 VTCC	677 TSC	678 TCC
674	Aparência	7,7 a	7,3 a	7,5 a	7,5 a
675	Aroma	7,2 a	7,5 a	7,0 a	6,4 a
676	Sabor	6,2 a	5,7 ab	5,8 a	5,0 b
677	Global	6,6 a	6,2 ab	6,3 ab	5,9 b

679 ¹Escala hedônica híbrida (1= desgostei extremamente, 5 = nem gostei/nem desgostei, 9 = gostei extremamente).

680 ²Médias com letras em comum em uma mesma linha indicam tratamentos que não diferiram significativamente
 681 entre si ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey. ³Legenda dos tratamentos: TCC - vinho elaborado com
 682 termovinificação e envelhecido artificialmente com a adição de chips de carvalho; TSC - vinho elaborado com
 683 termovinificação sem envelhecimento; VTCC - vinho elaborado pelo método tradicional e envelhecido
 684 artificialmente com a adição de chips de carvalho; VTSC - vinho elaborado pelo método tradicional sem
 685 envelhecimento.

686 4. CONCLUSÃO

687

688 As amostras de vinhos produzidas neste trabalho apresentaram parâmetros enológicos
689 clássicos de acordo com o preconizado pela Legislação Brasileira. Com os resultados obtidos
690 constatou-se que a prática de termovinificação utilizada de forma isolada elevou o conteúdo de
691 compostos fenólicos e a capacidade antioxidante, promovendo uma melhor qualidade
692 nutracêutica ao vinho ‘Cabernet Sauvignon’. Além disso, proporcionou maior intensidade de
693 cor e aumentou significativamente o índice de polifenóis totais em comparação a maceração
694 tradicional, fatores importantes para aumentar o tempo de vida de prateleira do vinho.
695 Entretanto, o uso de chips de carvalho associado a prática de termovinificação não trouxe
696 resultados significativos, demonstrando que o uso das duas técnicas de forma conjunta não
697 promove uma melhor qualidade desses vinhos, assim como a utilização de forma isolada dos
698 chips de carvalho, quando comparada a técnica de termovinificação.

699 Correlações positivas foram identificadas entre o ensaio de atividade antioxidante
700 FRAP e os fitoquímicos: (-)-galato epicatequina, malvidina-3-*O*-glucosídeo, cianidina-3-*O*-
701 glucosídeo, pelargonidina-3-*O*-glucosídeo, petunidina-3-*O*-glucosídeo ácido ferulico,
702 isohramnetina-3-*O*-glucosídeo, delphinidina-3-*O*-glucosídeo e miricetina. Adicionalmente, para
703 os ensaios DPPH[•] e ABTS^{•+} e os fitoquímicos: ácido gálico, *trans*-resveratrol, ácido
704 clorogênico e (-)-galato epigallocatequina., indicando que a ação antioxidante dos vinhos
705 encontra-se mais associada ao perfil de compostos fenólicos da bebida do que ao índice de
706 polifenóis totais.

707 De forma geral, os vinhos tropicais de altitude originários das uvas ‘Cabernet
708 Sauvignon’ cultivadas na microrregião de Garanhuns, PE, Brasil, foram bem aceitos pelos
709 consumidores, independentemente da prática enológica testada para a elaboração da bebida,
710 mostrando que a região tem potencial para a produção de vinhos tintos de qualidade.

711

712

713

714

715

716

REFERÊNCIAS

- 717
718
719
720 ALENCAR, N. M. M. ; CAZARIN, C. B. B.; CORRÊA, L. C.; JUNIOR, M. R. M. ; SILVA,
721 D. J.; BIASOTO, A. C. T.; BEHRENS, J. H. The use of oak chips during the fermentation
722 process: effects on phenolic compounds profile and antioxidant activity in Syrah young
723 wines. *Journal of Food Bioactives*, v. 10: 70-76. 2020.
724
725 ALENCAR, N. M. M.; RIBEIRO, T. G.; BARONE, B.; BARROS, A. P. A.; MARQUES, A.
726 T. B.; BEHRENS, J. H. Sensory profile and check-all-that-apply (cata) as tools for evaluating
727 and characterizing syrah wines aged with oak chips. *Food Research International*, v. 124, p.
728 156-164. 2019.
729
730 AMERINE, M. A. & OUGH, C. S. Análisis de vinos y mostos. Zaragoza: *Acribia*, p. 158,
731 1976.
732
733 ATANACKOVIC, M., PETROVIC, A., JOVIC, S., GOJKOVIC-BUKARICA, L., BURSÁČ,
734 M., & CVEJIC, J. Influence of winemaking techniques on the resveratrol content, total
735 phenolic content and antioxidant potential of red wines. *Food Chemistry*, 131, 513–518. 2012.
736
737 AUW, J. M., BLANCO, V., O’KEEFE, S. F., & Sims, C. A. Effect of processing on the
738 phenolics and color of Cabernet Sauvignon: Chambourcin and Noble wines and juices.
739 *American Journal of Enology and Viticulture*, 47, 279–286. 1996.
740
741 BARBARÁ, J ; SILVA, ÉRICA ; BIASOTO, ALINE ; GOMES, ADRIANO ; CORREA,
742 LUIZ ; LEÃO, PATRÍCIA ; ZINI, CLÁUDIA. Maturation and Maceration Effects on
743 Tropical Red Wines Assessed by Chromatography and Analysis of Variance - Principal
744 Component Analysis. *Journal Of The Brazilian Chemical Society*, v. 30, p. 1357-1377, 2019.
745
746 BARONI, M.V.; NARANJO, D.P.N.; GARCIA-FRREYRA, C.; OTAIZA, S.;
747 WUNDERLIN, D.A. How good antioxidant is the red wine? Comparison of some in vitro and
748 in vivo methods to assess the antioxidant capacity of Argentinean red wines. *Food Science*
749 *and Technology*. 47: 1-7. doi: 10.1016/j.lwt.2012.01.015. 2012.
750
751 BENZIE, I. F. F., & STRAIN, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as
752 a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70–76.
753
754 BIASOTO, A. C. T., NETTO, F. M., MARQUES, E. J. N. ; DA SILVA, M. A. A. P.
755 Acceptability and preference drivers of red wines produced from *Vitis labrusca* and hybrid
756 grapes. *Food Research International*, v. 62, p. 456-466. 2014.
757
758 BIASOTO, A. C. T.; CATHARINO, R. R. ; SANVIDO, G. B. ; EBERLIN, M. N. ; DA
759 SILVA, M. A. A. P. Flavour characterization of red wines by descriptive analysis and ESI
760 mass spectrometry. *Food Quality and Preference*, v. 21, p. 755-76. 2010.
761
762 BOULTON, R. A. Copigmentação das antocianinas e seu papel na cor do vinho tinto: a
763 revisão crítica. *Am J Enol Viticult* 52 (2): 67–87. 2001.
764
765 BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., & BERSET, C. Use of a free radical method
766 to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. 1995.

- 767
768
769 BRASIL, I.N. nº 75/2019. Instrução Normativa nº 75, de 31 de dezembro de 2019. Estabelece
770 os critérios e define os parâmetros analíticos que devem ser utilizados para fiscalização e
771 controle de bebidas, vinhos e derivados da uva e do vinho, nacionais e importados.
772
- 773 CABRITA, M. J. B. , GARCIA, R., MARTINS, N., SILVA, M. D. G. D. , & FREITAS, A.
774 M. C. Gas Chromatography in the Analysis of Compounds Released from Wood into Wine.
775 In (Ed.), *Advanced Gas Chromatography - Progress in Agricultural, Biomedical and*
776 *Industrial Applications*. 10: 186-208. doi: 10.5772/32659. 2012.
777
- 778 CEJUDO-BASTANTE, M. J. HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. , PÉREZ-COELLO, M.
779 S. Micro-oxygenation and oak chip treatments of red wines: Effects on colour-related
780 phenolics, volatile composition and sensory characteristics. Part I: Petit Verdot wines, *Food*
781 *Chemistry*, vol.124, n.3, p. 727-737, doi: 10.1016/j.foodchem.2010.06.067. 2011.
782
- 783 CEJUDO-BASTANTE, M. J.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; PÉREZ-COELLO, M. S.
784 Microoxygenation and oak chip treatments of red wines : Effects on colour-related phenolics ,
785 volatile composition and sensory characteristics . Part II : Merlot wines. *Food Chemistry*, v.
786 124, p. 738-748, 2011b.
787
- 788 CHIRA, K.; PACELLA, N.; JOURDES, M.; TEISSEDE, P. Chemical and sensory
789 evaluation of Bordeaux wines (Cabernet-Sauvignon and Merlot) and correlation with wine
790 age. *Food Chemistry*., 126: 1971– 1977. doi:10.1016/j.foodchem.2010.12.056. 2011.
791
- 792 COSTA, R. R., RODRIGUES, A. A. M., DE VASCONCELOS, V. A. F., COSTA, J. P. D., &
793 DE LIMA, M. A. C. Trellis systems, rootstocks and season influence on the phenolic
794 composition of ‘Chenin Blanc’ grape. *Scientia Agricola*, 77(3). doi:10.1590/1678-992x-2018-
795 0207. 2020.
796
- 797 DOCO, T., WILLIAMS, P., & CHEYNIER, V. Effect of flash release and pectinolytic
798 enzyme treatments on wine polysaccharide composition. *Journal of Agricultural and Food*
799 *Chemistry*, 55, 6643–6649. 2007.
800
- 801 EBELER, S. E. Analytical chemistry: Unlocking the secrets of wine flavor. *Food Reviews*
802 *International*, 17(1), 45–64. doi:10.1081/FRI-100000517. 2001.
803
- 804 EIRIZ, N. J, OLIVEIRA F. S, CLÍMACO, C. M. Fragmentos de madeira de carvalho no
805 estágio de vinhos tintos. *Ciência Téc. Vitivinícola*. 22 (2): 63-71. 2007.
806
- 807 EIRIZ, N.; OLIVEIRA, J. F. S.; CLÍMACO, M. C. Fragmentos de madeira de carvalho no
808 estágio de vinhos tintos. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 22 (2), p. 63-71. 2007.
809
- 810 FELIPPETO, J.; CALIARI, V.; GUERRA, C. C. Perfil físico-químico dos vinhos finos
811 produzidos nas regiões de altitude de Santa Catarina. In: Pandolfo, C.; Vianna, L. F. de N.
812 *Caracterização da região produtora, indicadores e instrumentos para proposição de uma*
813 *indicação geográfica*. Florianópolis: Epagri, 2020. p. 171-179.
814
- 815 GALLEGO, M. A. G.; GARCÍA-CARPINTERO, E.; SANCHEZ-PALOMO, E.; VIÑAS, M.
816 A. G.; HERMOSÍN-GUTIERREZ, I. Oenological potential, phenolic composition, chromatic

- 817 characteristics and antioxidant activity of red single-cultivar wines from Castilla-La Mancha.
818 *Food Research International*. 48: 7-15. doi: 10.1016/j.foodres.2012.02.010. 2012.
- 819
- 820 GARCÍA-FALCÓN, PÉREZ-LAMELA, M.S.; MARTÍNEZ-CARBALLO, E.; SIMAL-
821 GÁNDARA, J. Determination of phenolic compounds in wines: Influence of bottle storage of
822 young red wines on their Evolution. *Food Chemistry*. 105:248-259.
823 doi:10.1016/j.foodchem.2006.11.006. 2007.
- 824
- 825 GEFFROY, O., LOPEZ, R., SERRANO, E., DUFOURCQ, T., GRACIA-MORENO, E.,
826 CACHO, J., & FERREIRA, V. Changes in analytical and volatile compositions of red wines
827 induced by pre- fermentation heat treatment of grapes. *Food Chemistry*, 187, 243–253. 2015.
- 828
- 829 GEFFROY, O; LOPEZ, R.; FEILHES, C.; VIOLLEAU, F.; KLEIBER, D.; FAVARELD,
830 J.L.; FERREIRA, V. Modulating analytical characteristics of thermovinified Carignan musts
831 and the volatile composition of the resulting wines through the heating temperature. *Food*
832 *Chemistry*, 257, 7–14. 2018.
- 833
- 834 GIRARD, B., KOPP, T. G., REYNOLDS, A. G., & CLIFF, M. Influence of vinification
835 treatments on aroma constituents and sensory descriptors of Pinot noir wines. *American*
836 *Journal of Enology and Viticulture*, 48, 198–206. 1197.
- 837
- 838 GORDILLO, B. ET AL. Application of the differential colorimetry and polyphenolic profile
839 to the evaluation of the chromatic quality of Tempranillo red wines elaborated in warm
840 climate. Influence of the presence of oak wood chips during fermentation. *Food Chemistry*, v.
841 141, n. 3, p. 2184-2190. 2013.
- 842
- 843 GORDILLO, B., CEJUDO-BASTANTE, M. J., RODRÍGUEZ-PULIDO, F. J., GONZÁLEZ-
844 MIRET, M. L., HEREDIA, F. J. Application of the differential colorimetry and polyphenolic
845 profile to the evaluation of the chromatic quality of Tempranillo red wines elaborated in warm
846 climate. Influence of the presence of oak wood chips during fermentation. *Food Chemistry*, v.
847 141, p. 2184–2190. 2013.
- 848
- 849 GRIS, E.F.; MATTIVI, F.; FERREIRA, E.A.; VRHOVSEK, U.; WILHELM FILHO, D.;
850 PEDROSA, R.C.; BORDIGNON-LUIZ, M. J. Stilbenes and Tyrosol as Target Compounds in
851 the Assessment of Antioxidant and Hypolipidemic Activity of *Vitis vinifera* Red Wines from
852 Southern Brazil. *Agric Food Chem*. 59: 7954–7961. doi: 10.1021/jf2008056. 2011.
- 853
- 854 GÜLÇİN, I. Antioxidant properties of resveratrol: A structure-activity insight. *Innovative*
855 *Food Science and Emerging Technologies*, v. 11, p. 210-218, doi:
856 10.1016/j.ifset.2009.07.002. 2010.
- 857
- 858 H. KONIG, G. Uden and J. Frohlich, “*Influence of Phenolic Compounds and Tannins on*
859 *Wine-Related Microorganisms.*” In: H. Konig, G. Uden and J. Frohlich, Eds., *Biology of*
860 *Microorganisms on Grapes, in Must and in Wine*, Springer, Heidelberg, Germany, 2009, p.
861 307-334.
- 862
- 863 HARBERTSON, J. & SPAYD, S. E. Measuring phenolics in the winery. *American Journal of*
864 *Enology and Viticulture*, 57(3), 280-288. 2006.
- 865

- 866 HERNÁNDEZ MR. *In Curso de Viticultura*; Hernández, M. R., Ed.; Madrid, p 274 282,
867 (2004).
868
- 869 HUTKINS, R.W. *Microbiology and Technology of Fermented Foods. Wine Fermentation*.
870 Blackwell Publishing, United States of America: 349-395, 2006.
871
- 872 JACKSON, R. S. *Wine Science – Principles and Applications*. London, UK. 3 ed. Academic
873 Press, 2008, 789 p.
874
- 875 JACKSON, R. S. *Wine science: Principles, practice and perception*. (3rd ed.). San Diego,
876 CA,USA: Elsevier. 2008.
877
- 878 LEE, J.; DURST. R.W.; WROLSTAD, R.E. Determination of total monomeric anthocyanin
879 pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential
880 method: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*, v. 88, n.5, p.1269-1278. 2005.
881
- 882 LIU, S., WANG, S., YUAN, G., OUYANG, X., LIU, Y., ZHU, B., & ZHANG, B. Effect of
883 Oak Chips on Evolution of Phenolic Compounds and Color Attributes of Bog Bilberry Syrup
884 Wine During Bottle-Aging. *Journal of Food Science*, v. 81, p. 2697– 2707. 2016.
885
- 886 M. A. G. Gallego, E. Sánchez-Polomo, I. Hermosín-Gutiérrez, M.A. González, S. Afr. J. *Enol*
887 *Vitic*, 36, 1 (2015).
888
- 889 MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. DA. Compostos fenólicos totais e antocianinas em suco de
890 uva. *Revista Ciência e Tecnologia em Alimentos*, v.25, n. 4, p. 659- 664. 2005.
891
- 892 MATEUS, N. A. Química dos sabores do vinho – os polifenóis. *Revista Real Academia*
893 *Galega de Ciencias*, Porto, v. 28. p. 5-22, 2009.
894
- 895 NATIVIDADE, M. M. P., CORRÊA, L. C., SOUZA, S. V. C. DE, PEREIRA, G. E., &
896 LIMA, L. C. DE O. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for
897 HPLC: Method validation and characterization of São Francisco Valley samples.
898 *Microchemical Journal*, 110, 665-674. doi:10.1016/j.microc.2013.08.010. 2013.
899
- 900 NEVES, N. DE A.; PANTOJA, L. DE A.; SANTOS, A.S. Thermovinification of grapes from
901 Cabernet Sauvignon and Pinot Noir varieties using immobilized yeasts. *European Food*
902 *Research and Technology*, v.238, p.79-84. 2014.
903
- 904 OIV, *International Organization of Vine and Wine*. Compendium of internacional methods of
905 wine and must analysis. Retrieved from [https://www.oiv.int/en/technical-standards-and-](https://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/methods-of-analysis/compendium-of-international-methods-of-analysis-of-wines-and-musts-2-vol)
906 [documents/methods-of-analysis/compendium-of-international-methods-of-analysis-of-wines-](https://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/methods-of-analysis/compendium-of-international-methods-of-analysis-of-wines-and-musts-2-vol)
907 [and-musts-2-vol](https://www.oiv.int/en/technical-standards-and-documents/methods-of-analysis/compendium-of-international-methods-of-analysis-of-wines-and-musts-2-vol). Accessed February 17, 2021.
908
- 909 PÉREZ-MAGARIÑO, S.; ORTEGA-HERAS, M.; CANO-MOZO, E.; GONZÁLEZ-
910 SANJOSÉ, M. L. The influence of oak wood chips, micro-oxygenation treatment, and grape
911 variety on colour, and anthocyanin and phenolic composition of red wines. *Journal of Food*
912 *Composition and Analysis*, 22, p. 204-211. 2009.
913
- 914 PERESTRELO, R.; LU, Y.; SANTOS, S. A. O.; SILVESTRE A. J. D.; NETO, C. P.
915 CAMARA J. S.; ROCHA, S. M. Phenolic profile of Sercialand Tinta Negra Vitis vinífera L.

- 916 grapeskins by HPLC-DADESI-MS. Novel phenolic compounds in *Vitis vinifera* L. grape.
917 *Food Chemistry*, v. 135, p. 94-104, 2012
- 918
- 919 PIZARRO, C., RODRÍGUEZ-TECEDOR, S., ESTEBAN-DÍEZ, I., PÉREZ-DEL-
920 NOTARIO, N., GONZÁLEZ-SÁIZ, J. M. Experimental design approach to evaluate the
921 impact of oak chips and micro-oxygenation on the volatile profile of red wines. *Food*
922 *Chemistry*, v.148 p.357–366. 2014.
- 923
- 924 PORGALI, E.; BÜYÜKTUNCEL, E. Determination of phenolic composition and antioxidant
925 capacity of native red wines by high performance liquid chromatography and
926 spectrophotometric methods. *Food Research International.*, 45: 145–154. 2012.
- 927
- 928 Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. Antioxidant
929 activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical*
930 *Biology and Medicine*, 26 (9-10), 1231–1237. 1999.
- 931
- 932 Recamales, A. F.; Sayago, A.; González-Miret, M. L.; Hernanz, D. The effect of time and
933 storage conditions on the phenolic composition and colour of white wine. *Food Research*
934 *International*, v. 39, p. 220-229. 2006.
- 935
- 936 RIBÉREAU-GAYON, P., GLORIES, Y., MAUJEAN, A., & DUBOURDIEU, D. *Handbook*
937 *of Enology: The chemistry of wine, stabilization and treatments*. Vol. 2. 2nd ed. Chichester:
938 John Wiley and Sons, Ltd. 2006.
- 939
- 940 RICE-EVANS, C.; MILLER, N.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic
941 compounds. *Trends and Plants Science*. 2: 152-159. doi: 10.1016/S1360-1385(97)01018-2.
942 1997.
- 943
- 944 RIZZON, L.A. Composição química dos vinhos da Microrregião Homogênea Vinicultora de
945 Caxias do Sul (MRH 311) - *Compostos voláteis*. Bento Gonçalves: Embrapa-CNPUV, 1987.
946 4p. (Embrapa- CNPUV. Comunicado técnico, 5).
- 947
- 948 RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. “Cabernet Sauvignon” para elaboração de vinho
949 tinto. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 2002, v. 22 n. 2, maio-ago.
- 950
- 951 RIZZON, L. A. (Ed.). *Metodologia para análise de vinho*. Brasília, DF: Embrapa Informação
952 Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 120p.
- 953
- 954 ROGINSKY, V.; LISSI, E. A. Review of methods to determine chain breaking antioxidant
955 activity in food. *Food Chemistry*, v. 92, p. 235- 254. 2005.
- 956
- 957 ROSSI, J. A.; SINGLETON, V. L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic
958 phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
959 1965.
- 960
- 961 ROUJOU DE BOUBÉE, D.; A. M. CUMSILLE; M. PONS; D. Dubourdieu. Location of 2-
962 methoxy-3-isobutylpyrazine in Cabernet Sauvignon grape bunches and its extractability
963 during vinification. *American Journal of Enology and Viticulture*, v.53,p.1-5. 2002.
- 964

- 965 SARTINI, E., ARFELLI, G., FABIANI, A., PIVA, A. Influence of chips, lees and micro-
966 oxygenation during aging on the phenolic composition of a red Sangiovese wine. *Food*
967 *Chemistry*, v. 104 ., p. 1599–1604. 2005.
- 968
969 THAIPONG, K., BOONPRAKOB, U., CROSBY, K., CISNEROS-ZEVALLOS, L., &
970 BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating
971 antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*,
972 19(6–7), 669–675. 2006.
- 973
974 VILLANUEVA , N. D. M; DA SILVA, M, A. A. P. Comparative performance of the nine-
975 point hedonic, hybrid and self-adjusting scales in the generation of internal preference maps,
976 *Food Quality and Preference*, v. 20, p.1-12. 2009.
- 977
978 ZHANG B., HE F., ZHOU PP., LIU Y., DUAN, CQ. A expressão da cor da copigmentação
979 entre malvidin-3-O-glucoside e três aldeídos fenólicos em soluções modelo: os efeitos do pH
980 e da razão molar. *Food Chemistry*. 199: 220–8. 2016.
- 981
982 ZOECKLEIN, B.W., FUGELSANG, K.C., GUMP, B.H. AND NURY, F.S.. *Análisis y*
983 *producción de vino*. Zaragoza: Acribia. 613p. 2001