

9 - 3 | 2021

Impacto da hiperoxigenação do mosto no perfil aromático de vinho branco da casta Fernão Pires

Impact of must hyperoxygenation on the aromatic profile of Fernão Pires white wine

Impacto de la hiperoxigenación del mosto en el perfil aromático del vino blanco Fernão Pires

Helena Mira | João Libório | Diogo Rodrigues | Isabel Torgal | Jorge Ricardo-da-Silva | Ilda Caldeira

Electronic version

URL: <https://revistas.rcaap.pt/uiips/> ISSN: 2182-9608

Publisher

Revista UI_IPSantarém

Printed version

Date of publication: 31st December 2021 Number of pages: 12

ISSN: 2182-9608

Electronic reference

Mira, H.; Libório, J.; Rodrigues, D.; Torgal, I.; Silva, J. & Caldeira I. (2021). Impacto da hiperoxigenação do mosto no perfil aromático do vinho branco Fernão Pires. Revista da UI_IPSantarém. *Edição Temática: Ciências Naturais e Ambiente*. 9(3), 92-103. <https://revistas.rcaap.pt/uiips/>

IMPACTO DA HIPEROXIGENAÇÃO DO MOSTO NO PERFIL AROMÁTICO DE VINHO BRANCO FERNÃO PIRES

Impact of must hyperoxygenation on the aromatic profile of Fernão Pires white wine

Impacto de la hiperoxigenación del mosto en el perfil aromático del vino blanco Fernão Pires

Helena Mira^{1,2}

¹Departamento de Tecnologia Alimentar, Biotecnologia e Nutrição, Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Santarém, Portugal.

²Centro de Investigação em Qualidade de Vida, Instituto Politécnico de Santarém, Portugal.

helena.mira@esa.ipsantarem.pt | ORCID 0000-0003-4457-4535 | Ciência ID: A91E-43E6-90D9

João Libório¹

¹Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

090314010@esa.ipsantarem.pt | ORCID | Ciência ID

Diogo Rodrigues^{3,4}

³AZ3OENO, Portugal

diogo@az3oeno.com | ORCID | Ciência ID

Isabel Torgal¹

¹Departamento de Tecnologia Alimentar, Biotecnologia e Nutrição, Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

isabel.torgal@esa.ipsantarem.pt | ORCID | Ciência ID

Jorge Ricardo-da-Silva⁴

⁴Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, LEAF, Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

jricardosil@isa.ulisboa.pt | ORCID 0000-0003-3706-0982 | Ciência ID 5911-8A48-8691/ Scopus Author ID: 6603201300; Web of Science ResearcherID [A-7345-2008](https://orcid.org/0000-0003-3706-0982)

Ilda Caldeira⁶

⁵ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Pólo de Dois Portos, Quinta de Almoinha, 2565-191, Dois Portos, Portugal

⁶ MED–Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development, Institute for Advanced Studies and Research, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554, Évora, Portugal.

ilda.caldeira@iniav.pt | ORCID 0000-0003-2151-2008 | Ciência ID: 1915-F5F5-C6AD

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo a avaliação do impacto da hiperoxigenação do mosto da casta Fernão Pires no perfil aromático do vinho obtido. Após a prensagem, o mosto foi hiperoxigenado, durante 6 horas, com o auxílio de um micro-oxigenador Vivelys, com 7 mg/L e 14 mg/L de oxigénio. O mosto controlo apenas foi sulfitado. As fermentações decorreram à temperatura controlada de 15 °C. Após a extração líquido-líquido com diclorometano das amostras de vinho, os extratos obtidos foram analisados por CG-MS. Os vinhos obtidos foram também submetidos a análise sensorial. Com o aumento da quantidade de oxigénio aplicado, verificou-se aumento do teor de acetato de etilo, acetato de isoamilo, 3-hidroxi-butarato de etilo, decanoato de etilo, monosucinato de etilo e hexadecanoato de etilo, e da maioria dos álcoois com o aumento da dose de oxigénio aplicada, destacaram-se os álcoois isoamilicos e o 2-feniletanol. A hiperoxigenação afetou negativamente os terpenos (linalol e α -terpineol) e os compostos benzénicos tais como o álcool benzílico e o 4-vinilguaiacol, contrariamente ao observado para a maioria dos ácidos gordos. A análise sensorial não revelou diferenças significativas entre as modalidades dos vinhos para os atributos olfativos e os atributos gustativos. Apenas para a qualidade global se verificaram diferenças significativas. Os provadores consideraram que o vinho sujeito à dose mais elevada de oxigénio e o vinho controlo apresentaram melhor qualidade global.

Palavras-chave: hiperoxigenação, compostos voláteis, análise sensorial.

ABSTRACT

This work intended to evaluate the impact of must hyperoxygenation on the aromatic profile of Fernão Pires variety. After grapes pressing, the must was hyperoxygenated, with a Vivelys micro-oxygenator, at two different levels of oxygen: 7 mg/L and 14 mg/L, for 6 hours. The must control was only sulphited. The fermentations took place at a controlled temperature of 15°C. After the liquid-liquid extraction with dichloromethane from the wine samples, the obtained extracts were analyzed by high resolution gas-liquid chromatography coupled with mass spectrometry (CG-MS). The wines obtained were also subjected to sensory analysis. There was an increase in the content of ethyl acetate, isoamyl acetate, ethyl 3-hydroxybutyrate, ethyl decanoate, ethyl monosuccinate and ethyl hexadecanoate, and of most alcohols with the increase in the oxygen dose applied, especially isoamyl alcohols and 2-phenylethanol. Hyperoxygenation negatively affected terpenes alcohols (linalool and α -terpineol) and benzene compounds such as benzyl alcohol and 4-vinylguaiacol, contrary to what was observed for most fatty acids. The sensory analysis did not reveal significant differences between the wine modalities for olfactory attributes and taste attributes. There were only significant differences for the overall quality. The tasters considered that the wine subjected to the highest dose of oxygen and the control wine had better overall quality.

Keywords: hyperoxygenation, volatile compounds, sensory analysis

* Financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, projeto nº UID/CED/04748/2020

1. INTRODUÇÃO

O oxigénio desempenha um papel importante em vinificação, participando em reações de oxidação enzimáticas e não enzimáticas, podendo influenciar a composição e a qualidade do vinho (Toit et al., 2006; Tarko et al., 2020; Gabrielli et al., 2021). A intensidade destas reações depende de vários fatores, em particular da concentração e estrutura dos compostos fenólicos que são os substratos das reações (Toit et al., 2006). Os vinhos brancos são mais sensíveis à oxidação contrariamente aos vinhos tintos, devido à baixa concentração em compostos fenólicos (Ribereau-Gayon et al., 2004). A oxidação de mostos ou vinhos brancos com conseqüente acastanhamento altera a cor, o aroma e o sabor (Sioumis et al. 2006; Tarko et al., 2020). Os derivados dos ácidos cinâmicos e do ácido tartárico presentes nos vinhos brancos são os principais compostos polifenólicos que participam do escurecimento, particularmente o ácido caftárico e ácido p-coutárico (Ricardo-da-

Silva et al., 1993; Toit et al., 2006; Castro & Barroso, 2000;), bem como as proantocianidinas (Tarko et al., 2020).

Entre as enzimas responsáveis pela oxidação dos compostos fenólicos no mosto as mais importantes são as polifenoloxidasas, como a tirosinase e a lacase, esta última presente em uvas botritizadas (com o fungo *Botrytis cinerea*). O mecanismo de oxidação enzimática consiste na oxidação dos compostos fenólicos, pelas polifenoloxidasas com formação de o-quinonas. As o-quinonas podem-se polimerizar e condensar com outros compostos, originando a formação de pigmentos castanhos (Oliveira et al.; 2011; Tarko et al., 2020). As reações de oxidação não enzimática também ocorrem no mosto, igualmente com formação de o-quinonas, mas devido à velocidade de formação ser lenta, a oxidação enzimática é mais importante (Ribéreau-Gayon et al., 2000).

Na vinificação de vinhos brancos, os enólogos podem seguir uma de duas abordagens. Por um lado, podem optar pela tecnologia convencional que consiste em limitar o contacto do oxigénio com o mosto e adicionar quantidades adequadas de SO₂ para bloquear as oxidações enzimáticas e não enzimáticas, por vezes também com adição de ácido ascórbico e aplicação de gases inertes como CO₂, azoto, árgon, ou ainda a adição de taninos hidrolisáveis, como os gállicos ou os eláglicos. Por outro lado, podem adicionar deliberadamente oxigénio ao mosto, numa tecnologia pré-fermentativa denominada hiperoxigenação, para favorecer a oxidação enzimática e não enzimática de compostos fenólicos presentes no mosto, suscetíveis de oxidação, dando origem a pigmentos de cor amarela a castanha, de alto peso molecular. Estes compostos, responsáveis pelo amargor, adstringência e escurecimento durante o envelhecimento do vinho, são removidos do mosto pela clarificação do mosto ou durante a fermentação alcoólica. Os vinhos obtidos são vinhos brancos mais leves, mais estáveis do ponto de vista sensorial, e mais resistentes ao escurecimento do que aqueles produzidos pela tecnologia convencional (Cheynier et al., 1989; Dubourdiou & Lavigne, 1990; Guedes de Pinho et al., 1994; Schneider, 1998; Filipe Ribeiro et al., 2021).

O efeito da tecnologia pré-fermentativa de hiperoxigenação sobre o aroma de vinho branco, depende muito da variedade da uva, da composição do mosto e da quantidade de oxigénio, não sendo consensual o resultado da sua ação nos vinhos. Alguns autores referem que os vinhos derivados dos mostos hiperoxigenados apresentavam características sensoriais desejadas, associado à remoção de flavonóides (como a catequina, epicatequina e procianidinas B2 e B3) que, em vinho branco, pode ser responsável pela sensação de amargor excessivo e adstringência, bem como maior suscetibilidade ao escurecimento (Cheynier et al., 1989, 1991; Schneider, 1998; Tarko et al., 2020). Pelo contrário, estudos de outros autores (Singleton et al., 1980; Dubourdiou & Lavigne, 1990) verificaram diminuição da intensidade aromática e do perfil aroma varietal. O efeito da hiperoxigenação em mostos brancos de diferentes castas tais como Malvazija, Chardonnay, Airen, Macobeo, Parrelada e Muscat foi estudado por vários autores (Artajona et al., 1990; Cejudo-Bastante et al., 2011 a,b; Cejudo-Bastante et al., 2012; Cejudo-Bastante et al., 2013; Luric et al., 2019). Além disso, alterações no perfil aromático dos vinhos hiperoxigenados têm sido estudadas considerando o período de armazenamento e a influência da luz (Cejudo-Bastante et al., 2011; Cejudo-Bastante et al., 2012; Cejudo-Bastante et al., 2013), podendo ocorrer um decréscimo na qualidade do aroma devido ao aparecimento de alguns compostos voláteis e à diminuição de outros (Escudeiro et al., 2002; Silva-Ferreira et al., 2002; Cejudo-Bastante et al., 2011a), que pode ser potenciado pela luz e a temperatura (Recamales et al., 2006; Jung et al., 2007).

Este estudo teve como objetivo analisar o impacto da hiperoxigenação no perfil aromático do vinho obtido e nas suas características sensoriais. Para tal, utilizou-se mosto da casta Fernão Pires, a casta branca mais representativa na região vitivinícola do Tejo, visto que esta casta apresenta tendência a oxidação precoce e a ganhar aromas pesados e desagradáveis.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Vinificação: Após entrada das uvas na adega, procedeu-se ao desengace, esmagamento e prensagem. Após a prensagem, o mosto foi dividido em 3 cubas. Em duas cubas o mosto foi hiperoxigenado, com o auxílio de um micro-oxigenador (Vivelys), com dois níveis diferentes de

oxigênio: 7 mg/L (Dose 1) e 14 mg/L (Dose 2), durante 6 horas. Na cuba controlo (Controlo), o mosto apenas foi sulfitado (75 mg/L). Após a decantação, os mostos foram trasfegados para as respetivas cubas de fermentação, onde foram inoculados com leveduras secas ativas, previamente hidratadas, da espécie *Saccharomyces cerevisiae*. As fermentações decorreram a temperatura controlada de 15°C, tendo-se controlado a densidade e a temperatura duas vezes por dia. Após fermentação, ao vinho controlo e aos vinhos resultante dos mostos hiperoxigenados foi adicionado 50 mg/L de dióxido de enxofre, para evitar a fermentação malolática. Os vinhos foram colocados em recipientes de 5 L até ao momento imediatamente anterior a se realizar as análises, momento em que se procedeu ao engarrafamento do vinho.

Análise dos compostos voláteis: realizou-se uma extração líquido-líquido com diclorometano das amostras de vinho (50 mL), previamente adicionadas de padrão interno (2-octanol) conforme metodologia descrita em Botelho (2008), seguida da concentração do extrato até um volume de cerca de 0,25 mL. Foram analisados os vinhos de duas garrafas de cada modalidade de vinificação. As extrações foram realizadas em duplicado e os extratos obtidos foram mantidos a -20 °C. Posteriormente, os extratos obtidos foram analisados por GC-MS realizando-se a injeção manual de cada extrato em triplicado. Foi utilizado um cromatógrafo Agilent 7890A, equipado com uma coluna capilar DB-WAX (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm; J&W, Folsom, CA), conectado a um espectrómetro de massas Agilent 5973 (Agilent, CA, USA). A identificação foi realizada comparando com a biblioteca do National Institute of Standards and Technology (NIST) e pela análise de espectros de massa de padrões. A quantificação foi realizada pelo método do padrão interno, sendo os resultados expressos em 2-octanol (padrão interno).

Análise sensorial: As amostras de vinhos das três modalidades foram avaliadas por um painel de 9 provadores devidamente treinados do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), polo de Dois Portos, na sala de prova da instituição. O treino prévio dos provadores foi realizado com a avaliação de vários padrões de aroma e padrões gustativos, bem como com avaliação de diferentes amostras de vinhos. As amostras (cerca de 30 mL) previamente codificadas, foram apresentadas, em copos padronizados (ISO 3591) para a prova de vinhos. Foi pedido a cada provador que avaliasse o aspeto, cor, aroma e sabor do vinho, utilizando uma escala de intensidade de 1 a 10, para os vários atributos sensoriais. Os atributos aromáticos avaliados foram os seguintes: intensidade do aroma, persistência, floral, terpénico/moscatel, fruta amarela ou branca, fruta tropical, frutos cítricos, frutos secos ou secados e herbáceo. Os atributos gustativos foram o doce, a acidez, o amargo, a delicadeza, a harmonia, o álcool e a estrutura. Foi igualmente pedida uma apreciação global da qualidade numa escala de 1 a 20.

Análise estatística: A análise estatística dos resultados, utilizando a ANOVA, foi realizada utilizando o programa SPSS versão 27.0 para Windows. O teste Scheffé foi utilizado para fazer a comparação múltipla das médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os compostos voláteis identificados e quantificados nos vinhos com hiperoxigenação (dose 1 e dose 2) e sem hiperoxigenação encontram-se na Tabela 1. Estes compostos pertencem a diferentes famílias químicas (ésteres, álcoois, lactonas, álcoois terpênicos, ácidos, cetonas e fenóis voláteis).

Tabela 1 – Teores dos compostos voláteis, expressos em mg de 2-octanol/L, (valores médios e desvios-padrão) nos vinhos das três modalidades (controle, dose 1 e dose 2).

Composto	Controlo	Dose 1	Dose 2
<i>Ésteres</i>			
Acetato de etilo	14,219 ^a ±1,806	30,704 ^b ±2,460	28,557 ^b ±2,476
Butanoato de etilo	0,571 ^a ±0,003	0,585 ^a ±0,006	0,581 ^a ±0,021
Acetato de isoamilo	8,811 ^a ±0,301	9,460 ^b ±0,097	11,777 ^c ±0,208
Hexanoato de etilo	1,843 ^b ±0,019	2,102 ^c ±0,029	1,568 ^a ±0,019
Acetato de hexilo	1,393 ^c ±0,013	0,764 ^a ±0,004	0,712 ^b ±0,018
Lactato de etilo	1,714 ^b ±0,031	0,894 ^a ±0,004	0,971 ^a ±0,024
Octanoato de etilo	1,886 ^b ±0,053	1,869 ^b ±0,024	1,633 ^a ±0,005
3-Hidroxibutirato de etilo	0,174 ^a ±0,004	0,325 ^b ±0,006	0,375 ^c ±0,003
Decanoato de etilo	0,517 ^a ±0,036	0,677 ^b ±0,046	0,623 ^{ab} ±0,013
Sucinato de etilo	0,212±0,007	nd	nd
Monosucinato de etilo	4,981 ^a ±0,118	10,953 ^b ±0,095	10,422 ^b ±0,468
Malato de dietilo	0,522 ^a ±0,036	1,160 ^c ±0,087	0,881 ^b ±0,008
Hexadecanoato de etilo	nd a	0,120 ^b ±0,006	0,246 ^c ±0,021
<i>Álcoois</i>			
1-Propanol	4,529 ^a ±0,045	6,042 ^b ±0,049	7,917 ^c ±0,192
Isobutanol	4,854 ^a ±0,065	7,155 ^b ±0,099	8,383 ^c ±0,044
1-Butanol	0,563 ^a ±0,030	0,683 ^a ±0,009	0,742 ^b ±0,031
Álcoois isoamilicos	103,683 ^a ±4,144	124,618 ^b ±4,157	144,142 ^c ±3,070
3-metil-1-pentanol	nd	nd	0,11±0,002
3-Etoxi-1-propanol	1,670 ^b ±0,015	2,348 ^c ±0,024	1,324 ^a ±0,006
2,3-Butanodiol	7,865 ^a ±0,099	18,011 ^c ±0,610	13,379 ^b ±1,307
1,2-Propanodiol	0,223 ^a ±0,001	0,766 ^c ±0,007	0,397 ^b ±0,050
Metionol	0,219 ^b ±0,007	0,202 ^b ±0,008	0,173 ^a ±0,007
Glicerol	6,883 ^a ±0,209	16,918 ^c ±0,606	9,292 ^b ±1,122
Álcool benzílico	0,281 ^b ±0,012	0,281 ^b ±0,012	0,147 ^a ±0,05
2-Feniletanol	17,331 ^a ±0,426	20,627 ^b ±0,249	20,86 ^b ±0,113
<i>Álcoois em C6</i>			
1-Hexanol	2,419 ^b ±0,060	2,157 ^a ±0,114	2,640 ^c ±0,027
trans-3-Hexenol	0,197 ^b ±0,006	0,145 ^a ±0,006	0,164 ^a ±0,011
cis-3-Hexenol	0,184 ^b ±0,050	0,153 ^b ±0,008	nd a
<i>Lactonas</i>			

□□Butirolactona	2,150 ^a ±0,029	2,893 ^b ±0,061	2,122 ^a ±0,065
Álcoois terpénicos			
Terpenodiol I	0,245 ^a ±0,024	0,219 ^a ±0,025	0,226 ^a ±0,016
Linalol	0,840±0,031	nd	nd
α-Terpineol	0,144 ^b ±0,004	0,107 ^a ±0,010	0,111 ^a ±0,002
Ácidos			
Ácido acético	6,784 ^a ±0,192	8,969 ^b ±0,062	6,625 ^a ±0,041
Ácido propanóico	0,117 ^a ±0,010	0,214 ^b ±0,009	0,214 ^b ±0,008
Ácido isobutanóico	0,182 ^a ±0,013	0,270 ^b ±0,007	0,322 ^c ±0,003
Ácido butanóico	0,638 ^b ±0,047	0,764 ^a ±0,034	0,628 ^b ±0,003
Ácido hexanóico	7,866 ^b ±0,163	7,562 ^b ±0,124	5,518 ^a ±0,226
Ácido octanóico	13,500 ^b ±0,800	13,863 ^b ±0,564	10,861 ^a ±0,417
Ácido decanóico	3,164 ^a ±0,160	3,448 ^b ±0,104	2,971 ^a ±0,200
ácido dodecanóico	0,126 ^a ±0,048	0,263 ^b ±0,024	0,259 ^b ±0,021
Cetonas			
2H-pyran-2,6(3H)-dione	0,812 ^b ±0,05	0,569 ^a ±0,012	0,534 ^a ±0,007
Acetoina	0,192 ^a ±0,010	0,707 ^c ±0,010	0,304 ^b ±0,012
Fenóis voláteis			
Tirosol	1,433 ^a ±0,089	1,709 ^a ±0,323	1,843 ^a ±0,116
4-Vinilguaiaicol	0,245 ^b ±0,013	0,226 ^b ±0,019	0,171 ^a ±0,018

Valores médios seguidos da mesma letra na mesma linha não diferem entre si para $\alpha < 0,05$ (teste de Scheffé)

O efeito da hiperoxigenação nos diferentes compostos do vinho não apresenta uma tendência clara, dependendo de cada composto volátil individualmente, facto já verificado anteriormente por Cejudo-Bastante *et al.* (2011b). Relativamente aos acetatos ésteres de ácido acético e ésteres de ácidos gordos, verificou-se aumento do teor de acetato de etilo, acetato de isoamilo, 3-hidroxitbutirato de etilo, decanoato de etilo, monosucinato de etilo e hexadecanoato de etilo, caracterizados por apresentarem aromas frutados e frescos, e uma diminuição do hexanoato de etilo, octanoato de etilo, lactato de etilo e succinato de etilo. Luric *et al.* (2019) com a casta *Malvazija istarska* e Cejudo-Bastante *et al.* (2011b) com a casta Airen também verificaram diminuição de alguns ésteres etílicos em consequência da hiperoxigenação contrariamente ao observado por Cejudo-Bastante *et al.* (2011a) em mosto hiperoxigenado da casta Chardonnay. Segundo estes autores o aumento em compostos voláteis pode ser devido à ativação do metabolismo da levedura como consequência da adição inicial de oxigénio, levando-as a produzir mais ésteres.

No que diz respeito aos álcoois em C6 verificou-se aumento do teor de hexanol com a hiperoxigenação, facto observado também por Schneider (1998), Cejudo-Bastante *et al.* (2011a,b) e Luric *et al.* (2019). Os hexenóis diminuíram contrariamente ao verificado por outros autores, nomeadamente, Cejudo-Bastante *et al.* (2011b) e Luric *et al.* (2019). O aumento da maioria dos álcoois em C6, devido ao tratamento de hiperoxigenação referido na bibliografia (Artajona *et al.*, 1990; Cejudo-Bastante *et al.*, 2011a,b; Luric *et al.*, 2019), é atribuído ao facto de que a presença de oxigénio catalisa a atividade enzimática, transformando os ácidos gordos polinsaturados da uva (principalmente originados dos lipídios de membrana), nomeadamente os ácidos linoléico e linolénico. Esta via bioquímica produz aldeídos C6, que são subseqüentemente reduzidos a álcoois C6, que podem, por sua vez, ser esterificados para produzir ésteres (Oliveira *et al.*, 2006; Lukic *et al.*, 2019). Possivelmente o decréscimo no teor em hexenóis pode dever-se ao fato de terem formado outros compostos.

Verificou-se um aumento no teor da maioria dos álcoois com o aumento da dose de oxigénio aplicada (7 e 14 mg/L), o que está de acordo com o referido por Jackson (2008) e Luric *et al.* (2019),

citando Vidrih & Hribar (1999) de que o aumento do teor de oxigénio favorece a síntese de álcoois superiores. Destacam-se os álcoois isoamílicos e o 2-feniletanol, o primeiro com descritor olfativo de verniz e fruta madura e o segundo a rosa, talco e mel (Luric *et al.*, 2019). O resultado obtido para os álcoois isoamílicos está em conformidade com o observado por Luric *et al.* (2019). Contudo, Cejudo-Bastante *et al.* (2011a) observaram uma diminuição deste composto nos vinhos obtidos por hiperoxigenação.

A hiperoxigenação afetou negativamente os terpenos (linalol e α -terpineol) podendo influenciar o aroma do vinho, contrariamente ao observado por Cejudo-Bastante *et al.* (2011a). Além disso, compostos benzénicos como o álcool benzílico e o 4-vinilguaiacol apresentaram diminuição do seu teor com a aplicação da dose mais elevada de oxigénio, como observado por Cejudo-Bastante *et al.* (2013), em que esta diminuição poderia originar uma diminuição dos aromas frutados e florais.

O teor da maioria dos ácidos gordos aumentou em vinhos sujeitos a hiperoxigenação, de acordo com os resultados obtidos por Artajona *et al.* (1990) e Cejudo-Bastante *et al.* (2013).

Análise sensorial

Na Tabela 2 são apresentadas as pontuações médias obtidas na análise sensorial para os atributos olfativos e gustativos selecionados e na Figura 1 estão representadas graficamente essas pontuações. A apreciação da Tabela 2 revela que apenas se verificou diferenças significativas entre os vinhos para a avaliação da qualidade global (Figura 2).

Verifica-se que o vinho sujeito à dose mais elevada de oxigénio apresenta uma pontuação mais elevada para os atributos floral e fruta amarela, possivelmente devido ao teores em ésteres, embora não seja significativamente diferente do observado para o vinho em que foi aplicada a dose 1 e o vinho controlo. Este resultado está de acordo com o resultado de outros autores, que observaram não só a preservação do aroma do vinho branco após a hiperoxigenação, mas também o aumento na sua qualidade (Cejudo-Bastante *et al.*, 2011a,b; Cheynier *et al.*, 1991). No entanto, existem trabalhos mostrando o resultado oposto, com perdas da intensidade do aroma como consequência deste tratamento (Dubourdieu & Lavigne, 1990; Luric *et al.*, 2019). Embora não se tenha encontrado diferenças significativas, verificou-se uma diminuição do atributo terpénico/moscatel nos vinhos sujeitos a hiperoxigenação, podendo este aspeto estar relacionado com a diminuição dos compostos voláteis linalol e α -terpineol, referida anteriormente.

Tabela 2 - Pontuações médias obtidas na avaliação sensorial para os atributos olfativos e gustativos selecionados

	Controlo	Dose 1	Dose 2
Análise olfativa			
Intensidade	6,33±1,50	5,11±1,90	5,78±1,72
Floral	3,00±2,23	2,22±2,17	3,33±1,94
Terpénico / moscatel	2,22±3,07	1,00±2,00	1,44±2,12
Fruta amarela / branca	2,56±1,94	3,67±2,45	4,78±1,92
Fruta tropical	3,78±2,49	2,67±2,60	3,22±2,90
Frutos citrinos	1,78±1,92	1,89±2,71	1,78±1,78
Frutos secos / secados	0,44±0,88	0,33±0,71	0,44±0,75
Herbáceo	0,67±1,66	1,00±1,58	0,56±1,33
Persistência	5,22±1,30	4,56±1,74	5,44±1,01
Análise gustativa			
Doce	3,44±2,35	3,33±2,00	3,33±2,23

Ácido	5,33±1,58	4,89±2,57	5,22±2,68
Amargo	2,56±2,35	2,56±2,12	2,78±2,68
Suavidade/Delicadeza	5,22±1,92	5,11±1,76	5,67±1,66
Harmonia	4,89±1,27	5,00±2,18	5,56±1,59
Álcool	4,78±1,98	4,67±2,06	4,78±1,99
Estrutura	5,44±1,13	5,56±1,13	5,78±0,972
Qualidade			
Qualidade Global	13,72 b±0,62	12,78 a±0,94	14,00 b±1,00

Nota: os diferentes atributos foram avaliados de 0 a 10, e a qualidade global de 0 a 20.

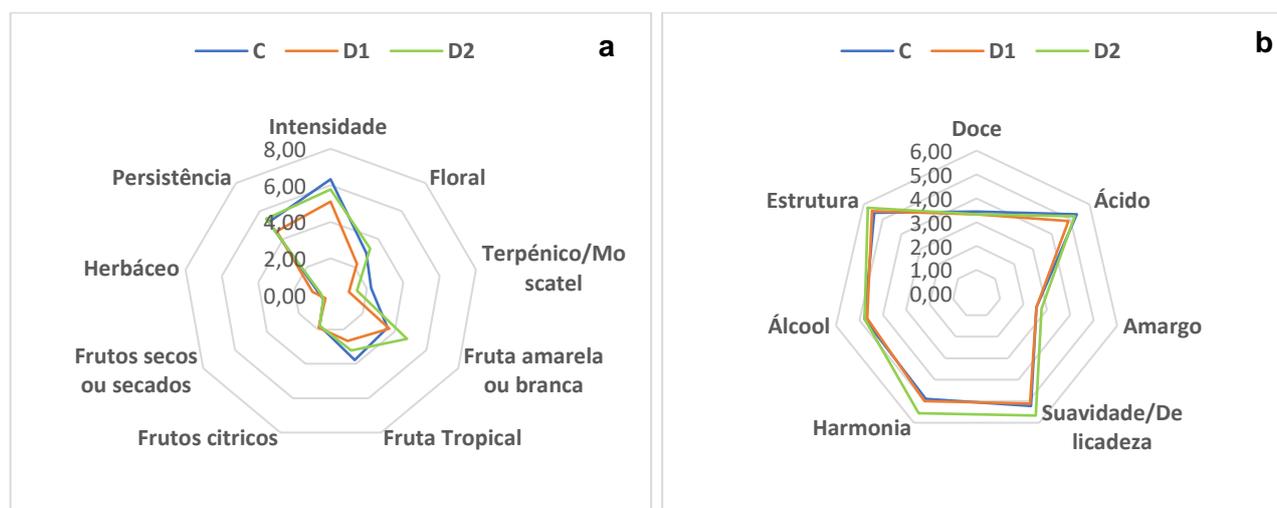


Figura 1 - Média dos atributos olfativos e gustativos dos vinhos da modalidade de controlo (C), e dos vinhos das modalidades obtidas a partir de mosto hiperoxigenado (dose 1 e dose 2).

Relativamente aos atributos gustativos dos vinhos apenas se verifica que o vinho sujeito à dose mais elevada de oxigénio foi mais pontuado para os atributos harmonia e suavidade/delicadeza (Figura 1b) e para a qualidade global (Figura 2).

Alguns autores verificaram que a adição de oxigénio provocou uma diminuição do aroma a herbáceo e fresco (Cejudo-Bastante *et al.*, 2011b; Schneider, 1996), provavelmente devido à menor concentração de ácidos e álcoois C6 presentes nestes vinhos. Além disso, a diminuição do atributo cítrico pode estar relacionada com menor quantidade de ésteres de ácidos gordos de cadeias curtas e terpenos nestes vinhos (Cejudo-Bastante *et al.*, 2011b; Etiévant, 1991). Apesar da diminuição do teor em acetato de isoamil, estes autores não verificaram diferenças significativas no aroma de banana nos vinhos obtidos de mosto sujeitos a hiperoxigenação.

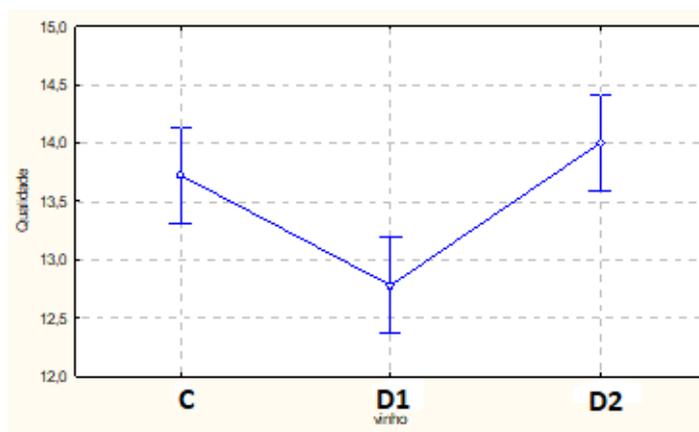


Figura 2 – Média da qualidade global dos vinhos da modalidade controlo (C), e dos vinhos das modalidades obtidas a partir de mosto hiperoxigenado (dose 1 e dose 2).

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos parecem sugerir que a composição volátil dos vinhos foi influenciada pela hiperoxigenação. No entanto, não foram detetaram diferenças significativas na maioria dos atributos avaliados pelos provadores. A não existência de relação direta entre os resultados da análise sensorial e os da análise da composição volátil deverá estar relacionado com os efeitos de interação entre diferentes compostos voláteis na perceção sensorial (Campo et al., 2005) bem como a interação com outros compostos não voláteis (Jones et al., 2008), que não foram estudados neste trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- Artajona, J.; Bobet, R.; Marco, J.; Sabat, F. & Torres, M. A. (1990). Experience d'hyperoxygenation au Penedes. *Rev. Fr. Oenol.*, 124, 65–67.
- Botelho, G. (2008). *Characterization of the aroma components of clonal grapes and wines from Aragonez and Trincadeira Vitis vinifera L. cultivars*. PhD Dissertation. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Campo, E.V.; Ferreiro, V.; Escudero, A. & Cacho, J. (2005). Prediction of the wine sensory properties related to grape variety from dynamic headspace gas chromatography-olfactometry data. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 5682–5690.
- Castro, R. & García-Barroso, C. (2000). Behavior of a hyperoxidized must during biological ageing of Fino Sherry wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 51, 98–102.
- Cejudo-Bastante, M.J.; Hermosín-Gutiérrez, I.; Castro-Vázquez, L.I. & Pérez-Coello, M.S. (2011a). Hyperoxygenation and bottle storage of Chardonnay white wines: Effects on color-related phenolics, volatile composition, and sensory characteristics. *J. Agric. Food Chem.*, 59, 4171–4182. <https://doi.org/10.1021/jf104744q>
- Cejudo-Bastante, M.J.; Castro-Vázquez, L.; Hermosín-Gutiérrez, I. & Pérez-Coello, M.S. (2011b). Combined effects of prefermentative skin maceration and oxygen addition of must on color-related phenolics, volatile composition, and sensory characteristics of Airén White wine. *J. Agric. Food Chem.*, 59, 12171–12182. <https://doi.org/10.1021/jf202679y>.
- Cejudo-Bastante, M.J.; Pérez-Coello, M.S.; Pérez-Coello, P.M. & Hermosín-Gutiérrez, I. (2012). Effects of hyper-oxygenation and storage of Macabeo and Airén white wines on their phenolic and volatile composition. *Eur Food Res Technol*, 234: 87–99. DOI 10.1007/s00217-011-1619-1.

- Cejudo-Bastante, M.J.; Hermosín-Gutiérrez, I.; Castro-Vázquez, L.I. & Pérez-Coello, M.S. (2013). Monitoring of chemical parameters of oxygen-treated musts during alcoholic fermentation and subsequent bottle storage of the resulting wines. *Eur Food Res Technol*, 236: 77–88. DOI 10.1007/s00217-012-1864-y.
- Cheynier, V.; Rigaud, J.; Souquet, J.M.; Barillere, J.M. & Moutounet, M. (1989). Effect of pomace contact and hiperoxidation on the phenolic composition and quality of Grenache and Chardonnay wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 40, 36–42.
- Cheynier, V.; Souquet, J.M.; Samson, A. & Moutounet, M. (1991). Hyperoxidation: influence of various oxygen supply levels on oxidation kinetics of phenolic compounds and wine quality. *Vitis*, vol. 30, pp. 107–115.
- Du Toit, W.J.; Marais, J.; Pretorius, I.S. & Du Toit, M. (2006). Oxygen in must and wine: a review. *S. Afri. J. Enol. Vitic.*, vol. 27, no. 1, pp. 76–94.
- Dubourdieu, D. & Lavigne, V. (1990). Incidence de l'hyperoxygénation sur la composition chimique et les qualités organoleptiques des vins blancs secs du Bordelais. *Rev. Fr. Oenol.*, 124, 58–61.
- Escudero, A.; Asensio, E.; Cacho, J. & Ferreira, V. (2002). Sensory and chemical changes of young white wines stored under oxygen. An assessment of the role played by aldehydes and some other important odorants. *Food Chem.* 77, 325–331.
- Etiévant, P.X. (1991). Wine. In *Volatile Compounds of Food and Beverages*; Maarse, H., Ed.; Dekker: New York, pp. 483-546.
- Filipe-Ribeiro, L.; Rodrigues, S.; Nunes, F.M. & Cosme, F. (2021). Reducing the Negative Effect on White Wine Chromatic Characteristics Due to the Oxygen Exposure during Transportation by the Deoxygenation Process. *Foods*, 10, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods10092023>.
- Gabrielli, M.; Fracassetti D.; Romanini, E.; Colangelo, D.; Tirelli, A. & Lambri, M. (2021). Oxygen-induced faults in bottled white wine: A review of technological and chemical characteristics. *Food Chemistry*, 348, 128922. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128922>.
- Guedes de Pinho, P.; Bertrand, A. & Guillou, I. (1994). Influence de l'hyperoxygénation des moûts sur la composition chimiques et sensorielle de vins blancs. *Rev. Fr. Oenol.*, 145, 9–17.
- ISO (1977). ISO 3591 - Sensory analysis. Apparatus wine tasting glass. International Organization for Standardization, Geneva.
- Jackson, R.S. (2008). Chemical constituents of grapes and wine. In *Wine Science*, Charalambous, G., Ed.; Elsevier: Ontario, Canada, pp 270-331.
- Jones, P.R.; Gawel, R.; Francis, I.L. & Waters, E.J. (2008). The influence of interactions between major white wine components on the aroma, flavour and texture of model white wine. *Food Quality and Preference* 19, 596–607. <https://doi:10.1016/j.foodqual.2008.03.005>.
- Jung, R.; Hey, M.; Hoffmann, D.; Leiner, T.; Patz, C.D.; Rauhut, D.; Schuessler, C. & Wirsching, M. (2007). Influence of the light during wine storage. *Mitt. Klosterneuburg*, 57 (4), 224–231.
- Oliveira, C.M.; Ferreira, A.C.S.; De Freitas, V. & Silva, A.M.S. (2011). Oxidation mechanisms occurring in wines. *Food Res. Int.*, vol. 44, no. 5, pp. 1115–1126.
- Oliveira, J.M.; Faria, M.; Sá, F.; Barros, F. & Araújo, I.M. (2006). C6-alcohols as varietal markers for assessment of wine origin. *Analytica Chimica Acta*, 563, 300–309. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.12.029>
- Recamales, A.F.; Sayago, A.; Gonzalez-Miret, M.L. & Hernanz, D. (2006). The effect of time and storage conditions on the phenolic composition and color of white wines. *Food Res. Int.*, 39, 220–229.
- Ribéreau-Gayon, P.; Dubourdieu, D.; Doneche, B. & Lonvaud, A. (2000). Handbook of Enology, Volume 1: *The Microbiology of Winemaking and Vinifications*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- Ribéreau-Gayon, P.; Glories, Y.; Maujean, A. & Dubourdieu, D. (2004). Handbook of Enology, Volume 2: *The chemistry of wine stabilization and treatments*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester.

- Ricardo-da-Silva, J. M.; Cheynier, V.; Samson, A. & Bourzeix, M. (1993). Effect of pomace contact, carbonic maceration, and hyperoxidation on the procyanidin composition of Grenache blanc wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 44, 168–172.
- Schneider, V. (1996). Einfluss von maischestandzeit und mostoxidation auf die sensorik von Riesling. *Die Winzer-Zeitung*, 7, 22–25.
- Schneider, V. (1998). Must hyperoxidation: a review. *Am. J. Enol. Vitic.* 49, 65–73.
- Silva-Ferreira, A.C.; Barbe, J.C. & Bertrand, A. (2002). Kinetics of oxidative degradation of white wines and how they are affected by selected technological parameters. *J. Agric. Food Chem.* 50, 5919–5924.
- Singleton, V.L.; Zaya, J. & Trousdale, E. (1980). White table wine quality and polyphenol composition as affected by must SO₂ content and pomace contact time. *Am. J. Enol. Vitic.*, 31, 14–20.
- Sioumis, N.; Kallithraka, S.; Makris, D.P. & Kefalas, P. (2006). Kinetics of browning onset in white wines: influence of principal redox-active polyphenols and impact on the reducing capacity. *Food Chemistry*, vol. 94, no. 1, pp. 98–104, 2006.
- Tarko T.; Duda-Chodak, A.; Sroka, P.; Siuta, M. (2020). The Impact of Oxygen at Various Stages of Vinification on the Chemical Composition and the Antioxidant and Sensory Properties of White and Red Wines. *Int. J. Food Sci. Volume 2020*, Article ID 7902974, 11 pages, <https://doi.org/10.1155/2020/7902974>