

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SUL DE
MINAS GERAIS - IFSULDEMINAS**

Isabela Peregrino

INFLUÊNCIA DE LEVEDURAS EM VINHOS DE UVAS SYRAH

**Machado/MG
2020**

Isabela Peregrino

INFLUÊNCIA DE LEVEDURAS EM VINHOS DE UVAS SYRAH

Dissertação apresentada ao IFSULDEMINAS, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Bianca Sarzi de Souza
Co-orientador: Dra. Renata Vieira da Mota

Machado/MG
2020

P488i

Peregrino, Isabela

Influência de leveduras em vinhos de uvas syrah / Isabela
Peregrino. -- Machado: [s.n.], 2020.

47 p.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Bianca Sarzi de Souza.

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Renata Vieira da Mota

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Machado.

Inclui bibliografia

1. Cinética de fermentação. 2. Fermentação espontânea. 3.
Vinificação. I Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Sul de Minas Gerais – Campus Machado. II. Título.

CDD: 641.22

Isabela Peregrino

INFLUÊNCIA DE LEVEDURAS EM VINHOS DE UVAS SYRAH

Dissertação apresentada ao IFSULDEMINAS,
como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, para a obtenção do
título de Mestre

APROVADA em 27 de julho de 2020

Prof. Dra. Bianca Sarzi de Souza
IF Sul de Minas – campus Muzambinho

Dr. Evandro Ficagna
IFRS – campus Bento Gonçalves

Prof. Dr. Délcio Bueno da Silva
IF Sul de Minas – campus Muzambinho

Ao meu marido, João Paulo, pela ajuda e compreensão dos meus momentos de ausência.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir a conclusão de mais uma etapa da minha busca por conhecimento.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela infraestrutura cedida para a realização dos experimentos e avaliações.

Ao meu marido João Paulo, por todo o cuidado e apoio para que eu chegasse até aqui.

À professora Dra. Bianca Sarzi de Souza pela orientação.

À pesquisadora Dra. Renata Vieira da Mota pela amizade e colaboração em todas as etapas deste trabalho.

Ao professor Dr. Evandro Ficagna, do Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Bento Gonçalves, pela colaboração neste trabalho e pelo presente dado tantos anos atrás, durante a faculdade de Viticultura e Enologia – uma coleção completa de livros enológicos que fazem parte até hoje do meu crescimento intelectual.

Aos meus companheiros do mestrado pelas risadas, amizade, ajuda e apoio ao longo desta fase.

Ao produtor de uvas Syrah, Guilherme Bernardes Filho, que acreditou nesta pesquisa e forneceu a matéria-prima necessária.

Aos colegas da EPAMIG, Elder, Francisco, Thiago e Gustavo, que me auxiliaram nas diversas fases deste trabalho – estes resultados são de todos vocês.

“No fundo, o papel do enólogo é conduzir uma fermentação. Ele não faz a fermentação. Quem faz é a levedura. O enólogo é a babá da levedura” (Santiago Achaval).

RESUMO

A produção de vinhos finos de qualidade em Minas Gerais é recente e só conseguiu estabelecer-se após o desenvolvimento de novas técnicas de manejo da videira. Existe hoje um crescente interesse na comunidade vinícola no uso de leveduras “nativas” no processo de elaboração de vinhos, com a intenção de imprimir caráter diferencial ao vinho, refletindo melhor as características de uma determinada região. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência de diferentes cepas de leveduras comerciais e nativas na cinética de fermentação e no perfil físico-químico de vinhos elaborados a partir da variedade de uva Syrah (*Vitis vinifera*) cultivadas em Minas Gerais. O experimento consistiu na microvinificação de uvas utilizando-se quatro leveduras comerciais diferentes e uma fermentação não-inoculada (nativa), com quatro repetições cada. Os vinhos foram avaliados durante a fermentação, para parâmetros de cinética, e após o engarrafamento, quanto a composição em álcool, acidez total e volátil, pH, densidade, teor de açúcar residual, extrato seco e cinzas, teor de antocianinas, teor de flavanóis, índice de polifenóis totais e índices de cor. Houve diferença de comportamento quanto à cinética fermentativa apenas para a nativa, que apresentou maior fase de latência e demorou mais tempo para finalizar a fermentação. As diferentes leveduras exerceram influência em relação aos parâmetros pH, acidez total, acidez volátil, açúcar residual, teor alcoólico, densidade, extrato seco, teor de antocianinas e índices de cor. Não houve variação na ação das leveduras sobre os quesitos fenólicos totais, flavanóis e índice de polifenóis totais. No contexto geral, as leveduras nativas obtiveram bom desempenho e têm potencial para serem utilizadas na obtenção de vinhos de qualidade a partir de Syrah cultivada em Minas Gerais.

Palavras-chave: Fermentação espontânea. Vinificação. Cinética de fermentação. Dupla poda. Minas Gerais.

ABSTRACT

The production of fine quality wines in Minas Gerais is recent and was only established after the development of new grape management techniques. Today, there is a growing interest in the use of “native” yeasts in the wine making process at the wine community. This interest is intended to give the wine its differential character, better reflecting to characteristics of a particular region. The objective of this work was to verify the influence of different commercial and native yeast strains on the fermentation kinetics, and on the physical-chemical profile of wines made from the Syrah grape variety (*Vitis vinifera*) grown in Minas Gerais. The experiment consisted in the microvinification of grapes using four different commercial yeasts and an uninoculated (native) fermentation, with four replicates each. The wines were evaluated during fermentation for kinetic parameters. After bottling, the wines were evaluated for alcohol content, total and volatile acidity, pH, density, residual sugar content, dry extract and ash, anthocyanin content, flavanols content, total polyphenol content and color index. There was a difference in behavior regarding the fermentative kinetics only for the native, which presented a higher latency phase and took longer to finish the fermentation. The different yeasts influenced the parameters pH, total acidity, volatile acidity, residual sugar, alcohol content, density, dry extract, anthocyanin content and color indexes. There was no variation in the action of yeasts on the total phenolic, flavanols and total polyphenols index. In the general context, native yeasts performed well and have the potential to be used in obtaining quality wines from Syrah grown in Minas Gerais.

Keywords: Spontaneous fermentation. Winemaking. Fermentation kinetics. Double pruning. Minas Gerais.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 Produção de vinhos no Brasil e em Minas Gerais	10
2.2 Elaboração de vinho tinto.....	11
2.3 A videira “Syrah”.....	13
2.4 Leveduras.....	15
2.4.1 Sucessão ecológica no mosto.....	16
2.4.2 Leveduras e fermentação alcoólica	17
2.4.3 Fermentação espontânea versus inoculação	18
3 REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 2	24
1 INTRODUÇÃO	24
2 MATERIAL E MÉTODOS	26
2.1 Microvinificação	26
2.2 Avaliação da cinética de fermentação.....	27
2.3 Análises físico-químicas.....	28
2.4 Análise estatística.....	29
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
3.1 Cinética de fermentação	30
3.2 Perfil físico-químico dos vinhos elaborados	33
3.3 Perfil de compostos fenólicos e índices de cor dos vinhos elaborados.....	38
4 CONCLUSÃO	41
5 REFERÊNCIAS	43

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A produção de vinhos finos de qualidade em Minas Gerais é recente e só conseguiu se estabelecer após o desenvolvimento da técnica da dupla poda, forma de manejo que altera o ciclo de cultivo da videira, mudando a época de maturação e colheita da uva do verão chuvoso para o inverno seco, quando as condições climáticas permitem melhor amadurecimento do fruto. Essa mudança no período de colheita tem possibilitado a obtenção de uvas com melhores índices de maturação e sanidade, incrementando a qualidade dos vinhos finos elaborados no sudeste do Brasil.

Existe hoje um crescente interesse da comunidade vinícola no uso de cepas de leveduras “selvagens” ou “nativas” no processo de elaboração de vinhos. A levedura não é responsável somente pela transformação do açúcar da uva em álcool e gás carbônico, mas é também fundamental na formação de metabólitos secundários, composição fenólica, bem como na conversão de aromas de uva em aromas de vinho varietal. O uso de leveduras nativas específicas de cada área vitivinícola é hoje uma prática enológica mundial com o objetivo de imprimir caráter diferencial ao vinho, refletindo melhor as características de uma determinada região. Presume-se que as leveduras locais são mais competitivas do que as leveduras comerciais por estarem mais bem adaptadas às características ecológicas e tecnológicas de sua própria área vitivinícola e, portanto, produziriam vinhos *premium* de qualidade mantendo as propriedades diferenciais de sua área e preservando sua biodiversidade natural.

O estabelecimento de técnicas enológicas adaptadas à exploração do máximo de qualidade obtida pela uva no campo é tarefa indispensável à validação de novas regiões vitícolas. Nesse sentido, como as diferentes regiões mineiras ainda não têm tradição enológica, estudos são primordiais para o pleno desenvolvimento da vitivinicultura no Estado.

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência de diferentes cepas de levedura comerciais e nativas no perfil físico-químico de vinhos elaborados a partir de uma das principais variedades de uva cultivadas em Minas Gerais – a Syrah (*Vitis vinifera*).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de vinhos no Brasil e em Minas Gerais

O cultivo de uvas para produção de vinhos é quase tão antigo quanto a civilização. A *Vitis vinifera*, espécie mais comumente usada na produção enológica, foi adaptada a uma grande variedade de solos e hoje sua produção ocorre por todo o mundo, fazendo da vitivinicultura uma atividade economicamente importante no mundo globalizado. Esse fato tem impactado diretamente empresas e países, os quais buscam formas de se tornarem mais competitivos nesse mercado. Com isso, fatores como solo, clima, qualidade da matéria-prima, capacidade gerencial e técnica, entre outros, tornam-se importantes para o posicionamento de cada país no mercado global (SANTOS, 2008; MELLO, 2018).

O Brasil encontra-se capaz de disputar um espaço nesse mercado, devido à sua potencialidade enológica, disponibilidade de recursos humanos e de capital em níveis competitivos. Em 2018, o segmento nacional da uva e do vinho apresentou uma produção de aproximadamente 820 mil toneladas de uvas para processamento (vinhos de mesa e finos, sucos e derivados), sendo a produção anual de vinhos em torno dos 330 milhões de litros, dos quais cerca de 45 milhões de litros são vinhos finos – concentrados principalmente nos estados do Sul do país (MELLO, 2018; VITIBRASIL, 2019).

O sudeste brasileiro vem se destacando na produção nacional de vinhos finos após a introdução da técnica da dupla poda desenvolvida pelo Núcleo Tecnológico Uva e Vinho da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). A técnica consiste na alteração da época de maturação e colheita das uvas do verão chuvoso para o inverno seco através da utilização de duas podas anuais, diferentemente do ciclo tradicional de cultivo da videira (AMORIM; FAVERO; REGINA, 2005).

Na maioria das regiões vitícolas brasileiras, o período de colheita das uvas coincide com a época de maior intensidade de chuvas – o verão –, condição que afeta negativamente a qualidade dos vinhos obtidos, em especial a dos vinhos tintos. A ocorrência sistemática de dias chuvosos ou com alta nebulosidade, aliada a temperaturas ambientais elevadas, prejudica não só a maturação das uvas, mas também a sua sanidade devido à ocorrência de inúmeras doenças fúngicas nos cachos (AMORIM; FAVERO; REGINA, 2005).

O manejo da dupla poda permite que a maturação da uva ocorra durante o outono/inverno, período de baixa precipitação, grande insolação e boa amplitude térmica. A luminosidade influencia no açúcar acumulado nos cachos. Em dias nublados ocorre baixa

fotossíntese e conseqüentemente pouco açúcar é acumulado. Em dias claros ocorre alta fotossíntese e, portanto, mais açúcar. As baixas temperaturas noturnas, por sua vez, favorecem a síntese e acúmulo de polifenóis, que ditam a intensidade da cor do fruto e a produção de tanino, substância essencial para uma boa estrutura do vinho. Já a baixa umidade é importante porque evita o aparecimento de doenças, como podridões de cachos (FAVERO et al., 2008; FAVERO et al., 2011).

Inicialmente desenvolvida para a região cafeeira do Sul de Minas Gerais, o manejo da dupla poda tem contribuído para a expansão da vitivinicultura para vários outros municípios de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal e Bahia. Dentre as variedades testadas, a que melhor se adaptou à técnica foi a Syrah (*V. vinifera*), originando vinhos encorpados, com alta intensidade de cor, equilíbrio e potencial de envelhecimento (AMORIM; FAVERO; REGINA, 2005; FAVERO et al., 2008; MOTA et al. 2010; FAVERO et al., 2011).

2.2 Elaboração de vinho tinto

Vinho é a bebida obtida a partir da fermentação alcoólica do mosto de uvas sãs, frescas e maduras (BRASIL, 2014). A elaboração de vinhos é uma forma de industrialização peculiar, visto que não há receitas prontas a serem seguidas – cada safra é única e, de forma geral, apresenta seus desafios e limitações. No entanto, há algumas etapas obrigatórias que devem ocorrer para a obtenção de vinhos de qualidade consistente ao longo dos anos.

Na elaboração de vinhos tintos, uma vez atingido o ponto de maturação ideal, as uvas deverão ser colhidas e transportadas para a vinícola, podendo ser resfriadas para melhor preservação de aromas e diminuição de sua deterioração. O processamento começa com o desengace (separação das bagas da parte lenhosa dos cachos, o engaço), seguido pelo esmagamento (rompimento da película e liberação do líquido contido na polpa da baga) e envio do mosto (mistura composta pelas bagas esmagadas) aos tanques de fermentação (JACKSON, 2000; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; HORNSEY, 2007).

Neste momento, o mosto está sujeito à deterioração por micro-organismos e oxidação pelo oxigênio presente no ar. Para evitar essas ações, a etapa da sulfitagem (adição de dióxido de enxofre) é realizada logo após o esmagamento. Esse composto possui ação antimicrobiana sobre as leveduras selvagens e bactérias presentes naturalmente nas uvas; bem como ação antioxidante, reduzindo o escurecimento do mosto causado pela oxidação pelo ar; e ainda

ação antioxidásica, inibindo enzimas oxidantes, como a tirosinase (presente na polpa da uva) (JACKSON, 2000; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; HORNSEY, 2007).

A etapa seguinte é a maceração, na qual a parte líquida do mosto ficará em contato com a parte sólida (bagaço) para extração de compostos de cor, aroma e sabor. Sem essa etapa, o vinho tinto não adquire sua coloração. Durante a fase de maceração, pode ocorrer a inoculação das leveduras, que são fungos unicelulares responsáveis pela fermentação e consequente transformação dos açúcares presentes no mosto em álcool etílico (etanol) e gás carbônico, tema que será tratado adiante (JACKSON, 2000; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; FUGELSANG; EDWARDS, 2007; HORNSEY, 2007).

Durante a fase de maceração, devem ser realizadas remontagens do mosto, ou seja, a homogeneização do líquido e umidificação da parte sólida suspensa através do bombeamento do mosto do fundo do tanque para a parte superior. Terminada a fase de maceração, ocorre a descuba – separação do mosto fermentado (vinho) do bagaço. Nesse momento, o vinho é trasfegado para outro tanque e o bagaço é retirado e prensado, aumentando o rendimento do produto (JACKSON, 2000; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; HORNSEY, 2007).

A fermentação malolática ocorrerá assim que terminada a fermentação alcoólica, sendo ela realizada por bactérias lácticas, especialmente as da espécie *Oenococcus oeni*. Essa etapa consiste na transformação do ácido málico em ácido lático e gás carbônico, ocasionando redução da acidez fixa do vinho, aumento do pH, estabilização microbiológica e melhora organoléptica – o ácido málico que é mais duro e desagradável ao paladar é substituído pelo lático, mais macio e agradável. Essa etapa, em geral, ocorre espontaneamente, pois as bactérias lácticas também estão presentes naturalmente nos mostos, porém podem ser inoculadas a partir de preparados comerciais (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; FUGELSANG; EDWARDS, 2007).

Concluída a fermentação malolática, o vinho ainda não está pronto para ser engarrafado, pois não apresenta a limpidez e a estabilidade necessárias para ser conservado adequadamente. As trasfegas devem ser realizadas periodicamente, pois auxiliam na clarificação natural do vinho, assim como o uso de baixas temperaturas e o amadurecimento do vinho em barricas de carvalho (REYNOLDS, 2010).

As etapas finais da estabilização consistem na filtração e estabilização tartárica, que visam à eliminação de substâncias em suspensão encontradas nos vinhos. O papel fundamental da filtração é assegurar a estabilidade físico-química e microbiológica dos vinhos, enquanto na estabilização tartárica há a retirada dos cristais de bitartrato de potássio, naturalmente formados no vinho quando submetido a baixas temperaturas. Estando o vinho

estabilizado e filtrado, procede-se ao engarrafamento (JACKSON, 2000; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; HORNSEY, 2007; REYNOLDS, 2010).

2.3 A videira “Syrah”

A variedade de uva Syrah pertence ao gênero *Vitis*, espécie *Vitis vinifera*. Ela é originária do Vale do Rhône, França, sendo a principal cultivar das denominações de origem Cotes Rôtie, Hermitage e Tain Hermitage, com excelente adaptação também na Austrália, Estados Unidos, África do Sul, Itália e Grécia (DIAS, 2011). Segundo a Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV), em 2017, a Syrah era a oitava variedade de uva mais cultivada no mundo. No Brasil, é pouco cultivada nos estados do Sul devido à sua tendência em apresentar podridões de cacho na fase de maturação, mas demonstrou ótima adaptação no Sudeste, especialmente no Sul de Minas Gerais (AMORIM; FAVERO; REGINA, 2005; FAVERO et al., 2008; MOTA et al. 2010; FAVERO et al., 2011).

Como todas as espécies desse gênero, ela é uma planta do tipo trepadeira, com hábito de crescimento “rastejante”, precisando de um suporte no qual se apoiar para crescer. A Syrah, em particular, é uma variedade muito vigorosa, com um hábito de crescimento semiereto e uma tendência a produzir ramos longos e prostrados. Esse crescimento, por sinal, pode ser excessivo quando enxertada em porta-enxertos vigorosos e em solos profundos e férteis (GALET, 1991; MULLINS; BOUQUET; WILLIAMS, 1992; CHRISTENSEN, 2003).

A gema da videira é composta, sendo a principal chamada de primária (que dá origem a um broto frutífero) e as outras duas de secundárias, as quais brotariam caso ocorresse algum dano à gema primária (geada, granizo, vento, etc.), dando origem a brotos inférteis. A variedade possui gemas francas férteis e gemas prontas que podem ser férteis ou não, enquanto as basilares, cegas e latentes são inférteis (MULLINS; BOUQUET; WILLIAMS, 1992).

No caso da Syrah, a fertilidade das gemas é menor na parte basal do ramo, de forma que a poda deve ser realizada deixando-se, no mínimo, duas gemas acima da gema basal. Quando prontas para estourar, as gemas se apresentam inchadas, de coloração cinza marmorizada e aveludadas. Elas são de brotamento tardio e apresentam uma ligeira borda rósea ao redor da lâmina da folha jovem (GALET, 1991; CHRISTENSEN, 2003; GIOVANINNI; MANFROI, 2009).

Quando jovens, as folhas são levemente amareladas com veios acobreados e a ponta dos ramos é felpuda com as margens acobreadas. As folhas maduras são de tamanho mediano,

coloração verde, na maioria das vezes tendo de 3 a 5 lobos com seios laterais inferiores reduzidos. Possuem seio peciolar em forma de “U” ou “lira”, com dentes curtos e pontiagudos. A superfície foliar é ocasionalmente coberta por protuberâncias (*bullate*) e enrugada próxima à junção peciolar, com pelos eretos na parte inferior (GALET, 1991; CHRISTENSEN, 2003).

As flores da videira estão dispostas em inflorescências do tipo rácimo, posicionadas opostamente às folhas nascidas na estação corrente. As flores são pequenas, verdes, hermafroditas e indiscretas, contendo cálice com cinco sépalas fundidas no ápice, cinco pétalas e cinco estames cada. Os ramos possuem de 1 a 2 inflorescências, as quais são de tamanho mediano, compridas, de pedúnculo longo e com média lignificação (MULLINS; BOUQUET; WILLIAMS, 1992; QUEIROZ-VOLTAN; JUNG-MENDACOLLI; POMMER, 1998).

Uma vez fertilizadas, as flores transformam-se em bagas pequenas a médias, ovaladas, de coloração negra, pruinosa, de casca com média espessura, com tendência a murchar quando maduras. Os cachos são medianos, longos e cilíndricos, variando de lachos a cheios, possuem pedúnculos longos que fazem com que se afastem dos ramos. Como outras videiras viníferas, a Syrah apresenta de 0 a 4 sementes no interior das bagas, de tamanho relativamente pequeno (MULLINS; BOUQUET; WILLIAMS, 1992; CHRISTENSEN, 2003).

É uma variedade de ciclo mediano a longo, sendo colhida entre a segunda quinzena de julho e a primeira quinzena de agosto, quando cultivada em manejo de dupla poda, em Minas Gerais. O potencial de rendimento da Syrah é médio, geralmente de 6 a 8 toneladas por hectare, devido às bagas relativamente pequenas, cachos médios, baixa fecundidade das gemas basais e tendência ao murchamento no final do ciclo (CHRISTENSEN, 2003, FAVERO et al., 2008; FAVERO et al., 2011).

A Syrah dá origem a vinhos de coloração intensa, aromáticos, finos e complexos, aptos ao envelhecimento e de grande qualidade, que refletem com grande expressão a localidade onde é cultivada. Tem como descritores aromáticos clássicos o couro, especiarias e frutas negras. Quando cultivada em regiões quentes, tendem a dominar o perfil aromático as notas de geleias de frutas e alcaçuz (DIAS, 2011).

2.4 Leveduras

As leveduras representam o grupo mais importante de micro-organismos para os produtores de vinho, pois sem elas seria impossível produzi-lo. Inúmeros gêneros e espécies de leveduras são encontrados durante a produção do vinho, afetando a qualidade do produto, tanto positiva quanto negativamente (FUGELSANG; EDWARDS, 2007).

Apesar de já terem sido detectadas mais de 200 espécies de leveduras em mostos em fermentação, apenas um número limitado está presente em quantidades significativas nas uvas, as chamadas populações de leveduras nativas. Existem três espécies principais encontradas: *Hanseniaspora uvarum* (anamorfo: *Kloeckera apiculata*) – constituindo mais de 50% das leveduras presentes na superfície das bagas; *Metschnikowia pulcherrima* (anamorfo: *Candida pulcherrima*); e *Candida stellata*. Quantidades menores de *Candida famata*, *Pichia membranefaciens*, *Pichia fermentans* e *Hansenula anomala* também podem estar presentes, assim como organismos potenciais de deterioração, como *Brettanomyces* sp. No entanto, a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, que é dominante nas fermentações de vinho, está ausente ou presente em concentrações muito baixas em uvas sãs e em mostos frescos. A presença dos vários gêneros de leveduras depende de influências regionais e climáticas, variedade da uva, pressão de doenças, nível de dano nas uvas e práticas de manejo (LEA; PIGGOTT, 2003; FUGELSANG; EDWARDS, 2007; KÖNIG; UNDEN; FRÖHLICH, 2009; GOODE; HARROP, 2011).

Uma controvérsia atual diz respeito à origem das espécies de *Saccharomyces* que surgem durante uma fermentação espontânea ou não inoculada. As *Saccharomyces* sp. podem ser encontradas em mostos de uvas, mas as populações costumam ser inferiores a 50 UFC mL⁻¹. Contudo, após o processamento da uva, o número de *Saccharomyces* sp. encontrado por unidade de volume pode aumentar significativamente, e os biofilmes se formam rapidamente nas superfícies das vinícolas (interior de mangueiras, bombas, tanques, barricas e prensas) (LEA; PIGGOTT, 2003; FUGELSANG; EDWARDS, 2007; KÖNIG; UNDEN; FRÖHLICH, 2009).

Como pode haver uma significativa bioflora de *Saccharomyces* sp. nas superfícies da vinícola, se o número dessas leveduras dominar o número daquelas provenientes da uva, as leveduras da vinícola serão as principais espécies presentes durante a fermentação, inclusive quando é utilizado um inóculo. A falha em isolar rotineiramente *Saccharomyces* sp. na superfície das bagas pode refletir a preferência desta levedura pelos ambientes com alto teor

de açúcar do mosto da uva e da fermentação (FUGELSANG; EDWARDS, 2007; KÖNIG; UNDEN; FRÖHLICH, 2009).

2.4.1 Sucessão ecológica no mosto

As fermentações de vinho podem ser divididas em dois tipos: diretamente inoculadas e não inoculadas. As fermentações não inoculadas (fermentação espontânea ou natural) dependem das leveduras nativas das uvas e da vinícola para a fermentação; enquanto as inoculadas são oriundas da adição de leveduras selecionadas comerciais ao mosto, quase que na sua totalidade representadas por cepas de *S. cerevisiae* (LEA; PIGGOTT, 2003; KÖNIG; UNDEN; FRÖHLICH, 2009).

A fermentação alcoólica é um complexo processo bioquímico que envolve a sucessão de diversas espécies de micro-organismos, comumente agrupados em dois grupos de leveduras conhecidas como as *Saccharomyces* (das quais a principal expoente é a *S. cerevisiae*) e as não-*Saccharomyces*. A dominância do meio por uma espécie específica ou por um grupo de micro-organismos depende de muitos fatores, incluindo os micro-organismos presentes, as condições da uva antes da colheita, os programas de limpeza e saneamento das vinícolas, bem como as interações metabólicas entre micro-organismos (FUGELSANG; EDWARDS, 2007).

Os estágios iniciais das fermentações não-inoculadas geralmente são dominados por leveduras não-*Saccharomyces* (as espécies presentes na superfície da uva). À medida que a fermentação progride, os níveis dessas leveduras diminuem, enquanto o de *Saccharomyces* aumenta. Quando os níveis de álcool atingem de 4 a 6%, as espécies nativas passam a ter dificuldades em lidar com as condições hostis do meio e a *S. cerevisiae* começa a dominar o processo. No final da fermentação, as *Saccharomyces* são a maioria das leveduras encontradas e, muitas vezes, a única levedura isolada. Portanto, a principal diferença entre fermentações naturais e aquelas realizadas por inoculações de leveduras comerciais está nos estágios iniciais da fermentação (LEA; PIGGOTT, 2003; KÖNIG; UNDEN; FRÖHLICH, 2009; GOODE; HARROP, 2011).

Embora a tolerância ao etanol seja um fator que afeta o crescimento de leveduras não-*Saccharomyces*, verificou-se que fatores adicionais influenciam sua persistência durante a fermentação, como a concentração (e posterior ausência) de oxigênio, temperatura de fermentação e pH do mosto. As práticas de saneamento mais precárias nas vinícolas, por exemplo, podem favorecer o aumento de leveduras, pela colonização dos equipamentos

anteriormente citada. Por sua vez, o dióxido de enxofre não mostra um efeito significativo nas espécies de leveduras selvagens quando usado em doses inferiores a 40 mg L⁻¹ (EGLI, 1998; HENICK-KLING et al. 1998; LEA; PIGGOTT, 2003; FUGELSANG; EDWARDS, 2007; KÖNIG; UNDEN; FRÖHLICH, 2009).

2.4.2 Leveduras e fermentação alcoólica

A fermentação alcoólica é a transformação anaeróbica de açúcares, principalmente glicose e frutose, em etanol e dióxido de carbono. Esse processo pode ser resumido por essa reação geral (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).



No entanto, muitos outros processos bioquímicos, químicos e físico-químicos ocorrem ao mesmo tempo durante a fermentação do mosto da uva. Além do etanol, são produzidas outras substâncias, como álcoois superiores, ésteres, glicerol, entre outros. Sem a produção dessas outras substâncias, o vinho seria pouco interessante do ponto de vista organoléptico. O metabolismo do açúcar do mosto pela levedura é o processo metabólico central que determina tanto o teor alcoólico final quanto, em grande parte, as características organolépticas do vinho. Como a *S. cerevisiae* é a levedura predominante na produção dessa bebida, ela é o modelo ao descrever as reações bioquímicas envolvidas no processo de fermentação alcoólica (KÖNIG; UNDEN; FRÖHLICH, 2009; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

A glicólise ligada à produção de etanol é a chave essencial para a produção de vinho. Ela envolve uma sequência de 11 reações químicas para quebrar hexoses e liberar energia na forma química de ATP. Essa via conduz as reações enzimáticas dos principais açúcares da uva, glicose e frutose, até o piruvato, que é a chave para inúmeras outras vias, incluindo o acetaldeído e o etanol. Nos estágios iniciais da fermentação alcoólica, a glicólise ocorre em condições aeróbicas, mas o ambiente do mosto se torna rapidamente anaeróbico com a produção de dióxido de carbono (KÖNIG; UNDEN; FRÖHLICH, 2009; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

As leveduras se dividem ativamente nas primeiras fases da fermentação e degradam os açúcares. Nos estágios iniciais da fermentação alcoólica, a taxa de produção de etanol aumenta exponencialmente em paralelo com o aumento da biomassa, uma vez que o crescimento de levedura cessa. No entanto, a taxa de produção de etanol prossegue

linearmente até que as fontes de carbono disponíveis sejam consumidas (LEA; PIGGOTT, 2003; KÖNIG; UNDEN; FRÖHLICH, 2009).

Normalmente, quando as populações de pico são atingidas e a cultura está em fase estacionária, pelo menos metade do açúcar fermentável já foi utilizado. A taxa de catabolismo do açúcar diminui continuamente no decorrer da fermentação. Esse fenômeno tem sido atribuído à toxicidade do etanol, ao declínio do transporte de solúveis e à falta geral de nutrientes. Os estágios posteriores das fermentações alcoólicas são então conduzidos por células que não mais se dividem em meio às altas concentrações de álcool e baixas concentrações de nutrientes. As *Saccharomyces* continuarão a utilizar o açúcar remanescente, principalmente glicose e frutose, até que a secura seja atingida (menos que 2 g.L⁻¹ de açúcar residual fermentável) (FUGELSANG; EDWARDS, 2007; KÖNIG; UNDEN; FRÖHLICH, 2009).

Conforme discutido anteriormente, a *S. cerevisiae* não precisa de oxigênio para obter energia durante a fermentação. Contudo, enquanto a multiplicação celular está ativa, a levedura precisa construir novas membranas plasmáticas continuamente, devendo sintetizar grandes quantidades de esteróis, ácidos graxos e fosfolipídios durante os primeiros estágios da fermentação alcoólica. O oxigênio é necessário para sintetizar ergosterol e ácidos graxos insaturados e, portanto, é recomendável arejar o mosto durante a fase de crescimento exponencial, a fim de incentivar a levedura a construir suas membranas e evitar problemas de fermentação (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

Durante a fermentação alcoólica, a levedura produz também vários subprodutos metabólicos que influenciam positiva ou negativamente o vinho. As vias bioquímicas desses compostos são interconectadas e derivadas do metabolismo do nitrogênio, açúcares e sulfato. Existem diferenças substanciais entre as diversas linhagens de *Saccharomyces* em termos de produção de ésteres, compostos de enxofre, compostos varietais, polissacarídeos e na estabilidade de pigmentos e polifenóis. O metabolismo de carboidratos de leveduras não-*Saccharomyces* também contribui substancialmente para a qualidade do vinho, seja positivamente ou como leveduras deteriorantes (KÖNIG; UNDEN; FRÖHLICH, 2009; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; REYNOLDS, 2010).

2.4.3 Fermentação espontânea versus inoculação

Devido à diversidade ecológica do mosto, a prática da fermentação espontânea pode apresentar diversas desvantagens – elas tendem a ser variáveis e imprevisíveis, podem gerar

vinhos com aromas desagradáveis, elevada acidez volátil e paradas de fermentação. Por esses motivos, a maior parte da produção industrial de vinho atualmente depende da inoculação do mosto com leveduras comerciais definidas, especialmente em vinícolas de grande escala, onde consistência e eficiência de processo são objetivos primordiais (PRETORIUS, 2000; EGLI et al., 1998; BARRAJÓN et al., 2011; HYMA, 2011; SMITH, 2013; JOLLY; VARELA; PRETORIUS, 2014; STEENSELS; VERSTREPEN, 2014).

As primeiras leveduras *Saccharomyces* começaram a ser selecionadas no início do século XX e o principal critério de seleção foi a capacidade de realizar e concluir a fermentação de forma confiável. Em meados da década de 1960, foram desenvolvidas culturas comerciais de leveduras enológicas secas ativas e, a partir da década seguinte, o seu uso passou a ser disseminado. Os produtores de vinho logo observaram que algumas linhagens apresentavam melhores resultados organolépticos, fazendo com que estes se tornassem, adicionalmente, um critério para sua seleção (REYNOLDS, 2010).

A principal razão pela qual os vinicultores atualmente inoculam com cepas comerciais é a aversão ao risco. Como o inóculo inicial de leveduras do ambiente da vinícola e da casca da uva é geralmente baixo, a fermentação pode demorar a começar. Se micro-organismos como a *Acetobacter* (bactéria responsável por transformar o vinho em vinagre) se estabelecerem antes das leveduras fermentativas, o vinho estará em risco de deterioração. No geral, o objetivo do uso de uma cultura comercial é iniciar a fermentação o mais rápido possível, limitando o potencial de deterioração através do estabelecimento de dominância numérica sobre as espécies nativas (FUGELSANG; EDWARDS, 2007; GOODE; HARROP, 2011; SMITH, 2013).

Além disso, não há garantia de que, em uma fermentação espontânea, as leveduras nativas que irão se estabelecer tenham resultado satisfatório, tanto em relação à cinética de fermentação, quanto à qualidade organoléptica. Como a *S. cerevisiae*, as várias leveduras nativas existem em muitas cepas diferentes, algumas desejáveis, outras não. Como mencionado anteriormente, algumas leveduras não-*Saccharomyces* podem estragar o vinho através da síntese de vários compostos voláteis de odor e sabor desagradáveis. Ainda, outra preocupação com relação a essas leveduras envolve a depleção de nutrientes. Leveduras não-*Saccharomyces* também requerem vários nutrientes, como nitrogênio, vitaminas e minerais, que podem ser esgotados antes que as *Saccharomyces* iniciem e dominem a fermentação, dificultando sua conclusão (FUGELSANG; EDWARDS, 2007; GOODE; HARROP, 2011; SMITH, 2013).

Contudo, mesmo com as vantagens das culturas comerciais, a comunidade vinícola

permanece dividida em relação à filosofia e prática do uso da inoculação. O uso de leveduras selvagens é um princípio fundamental para quem vê a naturalidade como uma importante propriedade do vinho que o separa de bebidas mais industrializadas, como cerveja e destilados (FUGELSANG; EDWARDS, 2007; GOODE; HARROP, 2011).

A distinção estilística é a razão que leva alguns produtores de vinho a aceitarem os riscos envolvidos nas fermentações naturais, especialmente os de pequena escala e vinícolas boutique, visando obter também variabilidade de safra e maior expressão do *terroir* (o vínculo entre o vinho e seu vinhedo em particular). Os benefícios percebidos incluem maior complexidade e intensidade adicionais, com uma textura mais rica e diversa, além de uma estrutura de palato mais completa e redonda, com mais glicerol e outros polióis. Os vinhos assim obtidos podem refletir, também, a presença de pequenas quantidades de açúcar não fermentado, menos álcool e aumento da produção de importantes metabólitos de impacto sensorial, bem como maior persistência de sabor. As fermentações tendem a serem mais lentas e frias, preservando mais compostos aromáticos, que não são perdidos com o excesso de calor ou dispersos pelo gás carbônico vigorosamente produzido (PRETORIUS, 2000; TORIJA et al., 2001; EGLI et al., 1998; FUGELSANG; EDWARDS, 2007; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; BARRAJÓN et al., 2011; GOODE; HARROP, 2011; HYMA, 2011; JOLLY; VARELA; PRETORIUS, 2014; STEENSELS; VERSTREPEN, 2014).

Trabalhos recentes comparando os efeitos de diferentes leveduras comerciais e leveduras nativas mostraram que existem diferenças na composição química dos vinhos resultantes. Os vinhos oriundos de fermentação espontânea, embora com maior risco de deterioração, têm sido considerados como tendo características melhoradas, quando comparados aos vinhos inoculados. A contribuição benéfica das diversas leveduras e como elas são manejadas estão se tornando mais significativas, especialmente quando as práticas vitivinícolas melhoraram a qualidade da uva e as condições de fermentação, permitindo a intervenção e o controle do produtor (PRETORIUS, 2000; TORIJA et al., 2001; EGLI et al., 1998; REYNOLDS, 2010; BARRAJÓN et al., 2011; HYMA, 2011; JOLLY; VARELA; PRETORIUS, 2014; STEENSELS; VERSTREPEN, 2014).

3 REFERÊNCIAS

- AMORIM, D. A.; FAVERO, A. C.; REGINA, M. A. Produção extemporânea da videira, cultivar Syrah, nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 327-331, 2005.
- BARRAJÓN, N. et al. Enological properties in wild and commercial *Saccharomyces cerevisiae* yeasts: relationship with competition during alcoholic fermentation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 27, n. 11, p. 2703-2710, 2011.
- BRASIL. Decreto nº 8198, de 20 de fevereiro de 2014. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 fev. 2014.
- CHRISTENSEN, L. P. Syrah. In: CHRISTENSEN, L.P.; DOKOOZLIAN, N.K.; WALKER, M.A.; WOLPERT, J.A. (Org.). **Wine grape varieties in California**. Davis: University of California, 2003. p. 146-149.
- DIAS, F. A. N. **Desempenho da videira ‘Syrah’ sobre diferentes porta-enxertos em ciclo de inverno no sul de Minas Gerais**. 2011. 74p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- EGLI, C. M. et al. Dynamics of indigenous and inoculated yeast populations and their effect on the sensory character of Riesling and Chardonnay wines. **Journal of Applied Microbiology**, v. 85, n. 5, p. 779-789, 1998.
- FAVERO, A. C. et al. Double-pruning of ‘Syrah’ grapevines: a management strategy to harvest wine grapes during the winter in the Brazilian Southeast. **Vitis**, v. 50, n. 4, p. 151-158, 2011.
- FAVERO, A. C. et al. Viabilidade de produção da videira “Syrah”, em ciclo de outono inverno, na região sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 685-690, 2008.
- FUGELANG, K. C.; EDWARDS, C. G. **Wine microbiology: practical applications and procedures**. 2. ed. New York: Springer, cap. 1. Yeasts, p. 3-28, 2007.
- GALET, P. **Precis d’Ampelographie Pratique**. 6 ed. Montpellier: Imprimerie Charles Dehan, 1991. 258p.
- GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e Enologia: elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros**. 1 ed. Bento Gonçalves: IFRS, 2009. 360 p.
- GOODE, J.; HARROP, S. **Authentic wine: toward natural and sustainable winemaking**. 1 ed. Berkley: University of California Press, 2011. 259 p.
- HENICK-KLING, T. et al. Selective effects of sulfur dioxide and yeast starter culture addition on indigenous yeast populations and sensory characteristics of wine. **Journal of Applied Microbiology**, v. 84, n. 5, p. 865-876, 1998.

HORNSEY, I. **The chemistry and biology of winemaking**. 1. ed. Cambridge: RSC Publishing, cap. 4. Winemaking processes, p. 161-202, 2007.

HYMA, K. E. Divergence in wine characteristics produced by wild and domesticated strains of *Saccharomyces cerevisiae*. **FEMS Yeast Research**, v. 11, n. 7, p. 540-551, 2011.

JACKSON, R. S. **Wine science**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, cap. 9. Specific and distinctive wine styles, p. 434-481, 2000.

JOLLY, N. P.; VARELA, C.; PRETORIUS, I. S. Not your ordinary yeast: non*Saccharomyces* yeasts in wine production uncovered. **FEMS Yeast Research**, v. 14, n. 2, p. 215-237, 2014.

KÖNIG, H.; UNDEN, G.; FRÖHLICH, J. **Biology of Microorganisms on Grapes, in Must and in Wine**. 1 ed. Berlin: Springer, 2009. 522 p.

LEA, A. G. H.; PIGGOTT, J. R. **Ferment beverage production**. 2. ed. New York: Springer, cap. 2. Alcoholic beverages fermentation, p. 25-40, 2003.

MELLO, L. M. R. Panorama da produção de uvas no Brasil. **Informativo Embrapa Uva e Vinho**, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1100998/panorama-da-producao-de-uvas-no-brasil>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

MORENO-ARRIBAS, M. V.; POLO, M. C. **Wine Chemistry and Biochemistry**. Breinigsville: Springer, 2009. 728p.

MOTA, R. V. et al. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1127-1137, 2010.

MULLINS, M. G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L. E. **Biology of the grapevine**. 1 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 239 p.

OIV- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DA VINHA E DO VINHO. Distribution of the world's grapevine varieties. **Relatório**, 2017. Disponível em: <<http://www.oiv.int/public/medias/5888/en-distribution-of-the-worlds-grapevine-varieties.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2019

PRETORIUS, I. S. Tailoring wine yeast for the new millennium: novel approaches to the ancient art of winemaking. **Yeast**, v. 16, n. 8, p. 675-729, 2000.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; JUNG-MENDACOLLI, S. L.; POMMER, C. V. Ocorrência de inflorescências anormais em videira 'Itália'. **Scientia Agricola**, v. 55, n. 1, p. 153-157, 1998.

REYNOLDS, A. G. **Managing wine quality: oenology and wine quality**. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2010. 677 p.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A. **Handbook of enology: the microbiology of wine and vinifications**. 2. ed. West Sussex: Wiley, 2006.

SANTOS, J. L. et al. Uma análise da competitividade e da inserção da Argentina no mercado mundial de vinhos. **Revista Custos e Agronegócio Online**, v. 4, Edição Especial, 2008.

SMITH, C. Yeast inoculation: threat or menace? In: **Postmodern Winemaking**. Berkeley: University of California Press, cap. 23, 2013.

STEENSELS, J.; VERSTREPEN, K. J. Taming wild yeast: potential of conventional and nonconventional yeasts in industrial fermentations. **Annual Review of Microbiology**, v. 68, n. 1, p. 61-80, 2014.

TORIJA, M. J. et al. Yeast population dynamics in spontaneous fermentations: comparison between two different wine-producing areas over a period of three years. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 79, n. 3-4, p. 345-352, 2001.

VITIBRASIL. **Banco de dados de uva, vinho e derivados**. Embrapa, 2019. Disponível em: <http://vitibrasil.cnpuv.embrapa.br/index.php?ano=2018&opcao=opt_02>. Acesso em: 16 set. 2019

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DE LEVEDURAS NA CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO E PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DE VINHOS DE UVAS SYRAH

1 INTRODUÇÃO

A produção de vinhos finos de qualidade em Minas Gerais só conseguiu se estabelecer após o desenvolvimento da técnica da dupla poda, forma de manejo que altera o ciclo de cultivo da videira, mudando a época de maturação e colheita da uva do verão chuvoso para o inverno seco, quando as condições climáticas permitem melhor amadurecimento do fruto, incrementando a qualidade dos vinhos finos elaborados (AMORIM; FAVERO; REGINA, 2005; FAVERO et al., 2008; MOTA et al. 2010; FAVERO et al., 2011).

O uso de leveduras nativas específicas de cada área vitivinícola é uma prática enológica mundial com o objetivo de imprimir caráter diferencial ao vinho, refletindo melhor as características de uma determinada região. A levedura não é responsável somente pela transformação do açúcar da uva em álcool e gás carbônico, mas é também fundamental na formação de metabólitos secundários, composição fenólica, bem como na conversão de aromas de uva em aromas de vinho varietal (KÖNIG; UNDEN; FRÖHLICH, 2009; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

Devido à diversidade ecológica do mosto, a prática da fermentação espontânea, com leveduras nativas, pode apresentar diversas desvantagens – elas tendem a ser variáveis e imprevisíveis, podem gerar vinhos com aromas desagradáveis, elevada acidez volátil e paradas de fermentação. Por estes motivos, a maior parte da produção industrial de vinho depende da inoculação do mosto com leveduras comerciais definidas, especialmente em vinícolas de grande escala, onde consistência e eficiência de processo são objetivos primordiais (PRETORIUS, 2000; EGLI et al., 1998; BARRAJÓN et al., 2011; HYMA, 2011; SMITH, 2013; JOLLY; VARELA; PRETORIUS, 2014; STEENSELS; VERSTREPEN, 2014).

A principal razão pela qual os vinicultores atualmente inoculam com cepas comerciais é a aversão ao risco. Como o inóculo inicial de leveduras do ambiente da vinícola e da casca da uva é geralmente baixo, a fermentação pode demorar a começar. Se micro-organismos como a *Acetobacter* (bactéria responsável por transformar o vinho em vinagre) se estabelecerem antes das leveduras fermentativas, o vinho estará em risco de deterioração. No

geral, o objetivo do uso de uma cultura comercial é iniciar a fermentação o mais rápido possível, limitando o potencial de deterioração através do estabelecimento de dominância numérica sobre as espécies nativas (FUGELSANG; EDWARDS, 2007; GOODE; HARROP, 2011; SMITH, 2013).

A distinção estilística é a razão que leva alguns produtores de vinho a aceitarem os riscos envolvidos nas fermentações naturais, visando obter também variabilidade de safra e maior expressão do *terroir* (o vínculo entre o vinho e seu vinhedo em particular). Trabalhos recentes comparando os efeitos de diferentes leveduras comerciais e leveduras nativas mostraram que existem diferenças na composição química dos vinhos resultantes. Os vinhos oriundos de fermentação espontânea, embora com maior risco de deterioração, têm sido considerados como tendo características melhoradas, quando comparados aos vinhos inoculados. A contribuição benéfica das diversas leveduras e como elas são manejadas estão se tornando mais significativas, especialmente quando as práticas vitivinícolas melhoraram a qualidade da uva e as condições de fermentação, permitindo a intervenção e o controle do produtor (PRETORIUS, 2000; TORIJA et al., 2001; EGLI et al., 1998; REYNOLDS, 2010; BARRAJÓN et al., 2011; HYMA, 2011; JOLLY; VARELA; PRETORIUS, 2014; STEENSELS; VERSTREPEN, 2014).

O estabelecimento de técnicas enológicas adaptadas à exploração do máximo de qualidade obtida pela uva no campo é tarefa indispensável à validação de novas regiões vitícolas. Nesse sentido, como as diferentes regiões mineiras ainda não têm tradição enológica, estudos são primordiais para o pleno desenvolvimento da vitivinicultura no Estado. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência de diferentes cepas de leveduras comerciais e nativas no perfil físico-químico de vinhos elaborados a partir de uma das principais variedades de uva cultivadas em Minas Gerais – a Syrah (*Vitis vinifera*).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Microvinificação

O experimento consistiu na microvinificação de 40 kg de uvas da variedade Syrah (*V. vinifera*), utilizando-se quatro leveduras comerciais diferentes e uma fermentação não-inoculada (leveduras nativas), com uvas oriundas de parreiral localizado em São Gonçalo do Sapucaí, MG (21°52'10.0"S; 45°31'02.4"W), implantado em 2015 sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, com espaçamento de 2,5 m x 1,0 m e densidade de plantio de 4000 plantas por hectare. A microvinificação ocorreu no Laboratório de Enoquímica do Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho, em Caldas, MG no início do mês de agosto de 2019.

As uvas colhidas foram armazenadas por 24 horas em câmara fria a 5°C. Foram pesados 50 kg de cachos e desengaçados manualmente. Em seguida, as bagas foram separadas em cinco tratamentos diferentes, contendo quatro repetições cada, sendo pesados 2 kg de bagas por repetição. As bagas foram esmagadas manualmente em bandeja plástica por 1 minuto e o conteúdo transferido para béqueres de vidro de 2 L de capacidade, previamente lavados. Nesse momento foi acrescentado anidrido sulfuroso (SO₂), na forma de metabissulfito de potássio, na dosagem de 20 mg L⁻¹ (com o objetivo de inibir bactérias contaminantes presentes na uva e evitar a oxidação do mosto, inclusive na testemunha) e 2 g hL⁻¹ de enzima pectinolítica Colorpect VRC, Coatec[®]. Como observado por Egli et al (1998), a adição de SO₂ ao mosto a ser fermentado com leveduras selvagens promove a finalização da fermentação de forma mais eficiente do que mostos não sulfitados.

Cada grupo de quatro repetições foi inoculado com um tipo de levedura comercial, na dosagem de 25 g hL⁻¹, conforme descrito a seguir. O grupo de quatro repetições que foi submetido à fermentação espontânea não recebeu inoculação.

- a) Maurivin[®], AWRI 796: neutra (AB BIOTEK, 2018);
- b) Maurivin[®], BP 725: extrativa para guarda (AB BIOTEK, 2018);
- c) Laffort[®], Zymaflore RX60: específica para Syrah 1 (LAFFORT, 2018);
- d) Lallemmand[®], ICV D254: específica para Syrah 2 (LALLEMAND, 2018).

As leveduras na forma seca ativa foram oriundas de embalagens novas, abertas no momento da hidratação das mesmas. Considerando-se rendimento padrão de vinificação em tinto, sendo de 60% de mosto líquido em relação ao peso de uva, calculou-se que cada repetição de 2 kg de uvas conteria 1,2 L de mosto. Sendo assim, foram pesados 0,3 g de levedura para cada repetição, hidratadas em 3 mL de água a 37 °C, com adição de 0,3 g de

autolisado de leveduras (Superstart Rouge, Laffort[®]) para proteção osmótica da parede celular das leveduras (LAFFORT, 2020). Após 10 minutos, os inóculos receberam adição de 3 mL de seus respectivos mostos, de forma a aclimatar as leveduras ao ambiente dos mostos. Após 10 minutos adicionais, os pés de cuba foram adicionados aos béqueres. Foram preparados quatro inóculos contendo apenas a água e o autolisado de casca de levedura para os béqueres referentes às leveduras nativas, seguindo o mesmo protocolo dos demais.

Os béqueres foram dispostos no interior de caixas plásticas pretas de 50 L, dotadas de tampa, cada caixa recebendo um béquer (uma repetição) de cada tratamento (delineamento em blocos casualizados), totalizando quatro caixas dispostas sobre a mesma bancada no laboratório, a temperatura ambiente. Os mostos ficaram em contato com as cascas (maceração) por 12 dias e foram homogeneizados uma vez por dia com o auxílio de bastão de vidro, sendo um bastão para cada béquer.

Completado o período de maceração, foi feita a separação do vinho e prensagem do bagaço em mini prensa vertical com capacidade para 1,5 kg de bagaço, com estrutura em ferro e cesto em latão. Os vinhos foram colocados em garrafas de vidro de 1,5 L com chumaços de algodão na boca, de forma a permitir a saída de eventual gás carbônico remanescente da fermentação alcoólica.

Quatro dias após a separação da parte líquida da sólida, os vinhos foram trasfegados para retirada das borras grossas e o volume de cada repetição foi verificado. Os vinhos receberam adição de 100 mg L⁻¹ de metabissulfito de potássio, de forma a evitar a ocorrência de fermentação malolática, foram tampados com bidule plástico e filme de parafina plástica (Parafilm M[®]) e, em seguida, colocados em câmara fria a -2 °C para estabilização tartárica por quinze dias. Após trasfega adicional para retirada da borra fina e cristais, os vinhos receberam nova adição de 50 mg L⁻¹ de metabissulfito de potássio, de forma a corrigir os valores de SO₂ livre para 35 mg L⁻¹, foram engarrafados em garrafas de 375 mL e acondicionados na cave, totalizando três garrafas por repetição.

2.2 Avaliação da cinética de fermentação

O acompanhamento da cinética de fermentação foi realizado diariamente através da pesagem individual dos béqueres em balança Toledo[®] PrixIII, e os valores anotados em planilha específica, durante 12 dias. Após a descuba dos bagaços, foi realizada pesagem das garrafas por quatro dias adicionais, de forma a assegurar que a fermentação alcoólica havia terminado, totalizando 16 dias de medições. A validade dessa técnica como método de

monitoramento da fermentação (relação direta entre liberação de CO₂, consumo de açúcar e produção de etanol) foi demonstrada por inúmeros autores (CAVAZZA; POZNANSKI; TRIOLI, 2004; CHAVEZ LÓPEZ et al., 2004; RINALDI et al., 2006; SABLAYROLLES, 2009; GAVA; FICAGNA; ROSSATO, 2017).

A cinética fermentativa foi avaliada e representada graficamente pela perda de massa diária devido à produção de dióxido de carbono (CO₂) em função do tempo. Os dados foram analisados de acordo com a equação de Gompertz, modificada por Zwietering et al. (1990). Foram obtidos os seguintes parâmetros cinéticos: produção máxima de CO₂ (Y_m em g de CO₂), taxa máxima de produção de CO₂ (μ_{max} em g.L⁻¹.h⁻¹), tempo para ocorrer a taxa máxima de produção de CO₂ (t_{μmax} em horas), tempo da fase de latência (Lag) para o início da produção de CO₂ (h), tempo de fermentação necessário para produzir 95% do CO₂ total (t_{95%} em horas) e o tempo efetivo de fermentação (NFT) calculado subtraindo o Lag do t_{95%} (h). Os parâmetros obtidos a partir da equação de Gompertz modificada têm tido suas importâncias relatadas dentro de diversas pesquisas enológicas (CAVAZZA; POZNANSKI; TRIOLI, 2004; CHAVEZ LÓPEZ et al., 2004; RINALDI et al., 2006; SABLAYROLLES, 2009; GAVA; FICAGNA; ROSSATO, 2017).

Utilizou-se o Software Livre *Integrated Predictive Modeling Program Tools* da USDA (HUANG, 2014) para avaliação do modelo e obtenção dos parâmetros.

2.3 Análises físico-químicas

Os mostos de cada repetição foram analisados quanto a sólidos solúveis (°Brix) em refratômetro digital portátil ATAGO® modelo Pal 1; acidez titulável (g.L⁻¹), pela titulação com NaOH 0,1 N com finalização em pH 8,2; e pH em potenciômetro digital, equipado com eletrodo de vidro modelo Micronal B474 (BRASIL, 1986).

Os vinhos foram avaliados uma semana após o engarrafamento quanto à composição em álcool (%), acidez titulável (g.L⁻¹ em ácido tartárico), acidez volátil (g.L⁻¹ em ácido acético), pH, açúcares residuais (g.L⁻¹), extrato seco (g.L⁻¹), densidade (20/20) e cinzas (g.L⁻¹) (BRASIL, 1986). Eles foram avaliados, também, quanto ao teor de compostos fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu (AMERINE; OUGH, 1980); de antocianinas totais pelo método do pH diferencial (GIUSTI; WROLSTAD, 2000); e de flavanóis totais pelo método colorimétrico da reação de Bate-Smith (BLOUIN; GUIMBERTEAU, 2004). As avaliações quanto à intensidade de cor (A₄₂₀+A₅₂₀+A₆₂₀), tonalidade (A₄₂₀/A₅₂₀), composição da cor (OD₄₂₀, OD₅₂₀, OD₆₂₀), brilho do vermelho (dA%) e índice de polifenóis totais (IPT 280 nm)

foram realizadas por espectrofotometria (CURVELO-GARCIA, 1988; MINOLTA, 1994).

As análises foram realizadas no Laboratório de Enoquímica do Núcleo Tecnológico Epamig Uva e Vinho (NUTEV) da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizado em Caldas, MG.

2.4 Análise estatística

As análises de variância dos dados foram realizadas com auxílio do programa computacional SISVAR (Sistema de análise de variância para dados balanceados) (FERREIRA, 2008), cedido pelo Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras. As diferenças entre as médias foram determinadas pelo teste de Tukey.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cinética de fermentação

Entre os parâmetros avaliados houve variação em relação à produção máxima de CO₂ e o tempo para que a taxa máxima de produção de CO₂ ocorresse (TABELA 1). A fermentação espontânea foi a que apresentou os menores valores quanto à produção de CO₂, não diferindo, entretanto, da AWRI 796. Esse parâmetro está intimamente correlacionado com a concentração de açúcares consumidos e com o teor alcoólico produzido – quanto maior o consumo de açúcares, maior a produção de etanol e, conseqüentemente, maior a produção de CO₂ (HALOI et al., 1989; SABLAYROLLES; BALL, 1995; JACKSON, 2000; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006). Observando-se a tabela 4 pode-se perceber que a fermentação espontânea foi a que apresentou os maiores teores de açúcares residuais, correspondendo à sua menor produção de CO₂. Contudo, diferente do esperado, essas leveduras apresentaram os maiores teores alcoólicos.

Tabela 1 – Parâmetros de Gompertz obtidos com a fermentação de uvas Syrah inoculadas com quatro leveduras comerciais diferentes e uma fermentação espontânea.

Tratamentos	Variáveis analisadas		
	Y _m (g de CO ₂)	μ _{max} (g L ⁻¹ h ⁻¹)	t _{μmax} (h)
NATIVA	186,48 B	2,27 A	185,58 A
AWRI 796	200,69 AB	2,41 A	69,70 B
BP725	214,05 A	2,25 A	72,57 B
ICV D254	209,94 A	2,28 A	74,83 B
RX60	210,88 A	2,45 A	84,48 B

*Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,01).

Y_m: Produção máxima de dióxido de carbono (CO₂); μ_{max}: Taxa máxima de produção de dióxido de carbono (CO₂); t_{μmax}: Momento no qual ocorre a taxa máxima de produção de dióxido de carbono (CO₂).

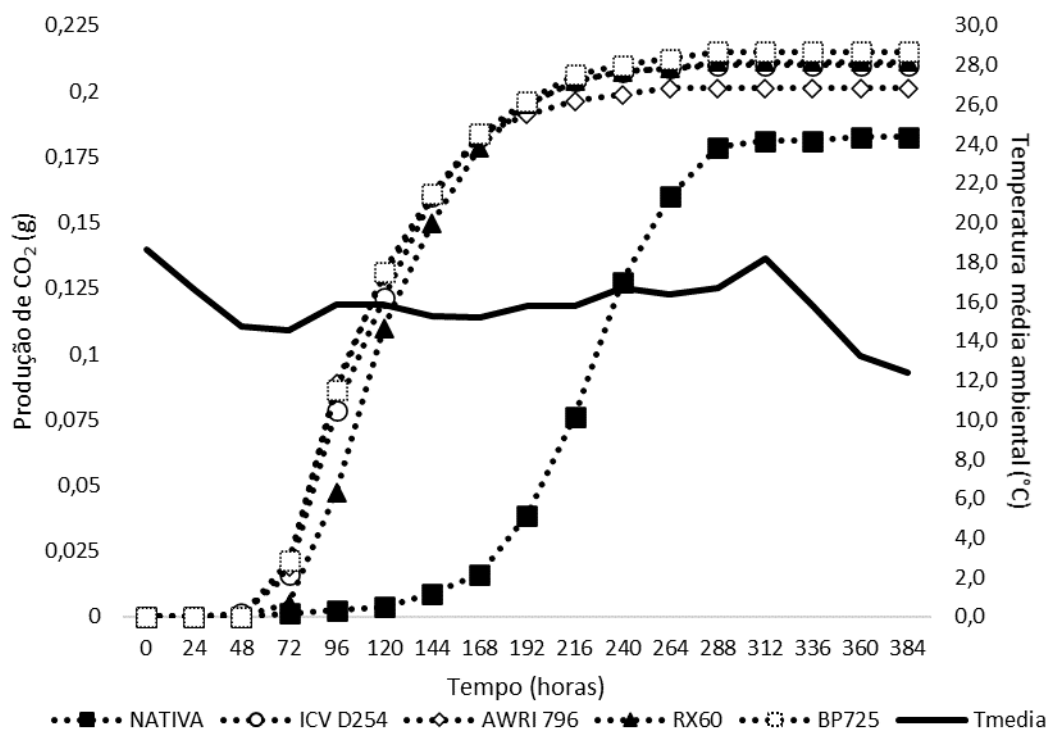
Fonte: Do autor (2020).

Em relação à taxa máxima de produção de CO₂, não houve variação entre o comportamento das leveduras. Já quanto ao tempo para que essa taxa máxima fosse atingida, houve diferença apenas entre a fermentação espontânea e as leveduras comerciais, com a levedura nativa apresentando os maiores valores. A fermentação espontânea demorou o dobro do tempo para atingir a taxa máxima de fermentação quando comparada às leveduras comerciais. As curvas de representação de produção de CO₂ estão representadas na Figura 1.

As leveduras selvagens também apresentaram comportamento mais lento que as demais em relação ao tempo da fase de latência e o tempo de fermentação necessário para

produzir 95% do CO₂ total (TABELA 2). A fase de latência representa um período em que as leveduras estão se ajustando ao ambiente e sua duração é dependente da origem e condição das células, mas é também regido por fatores como composição e temperatura do mosto. Nas vinícolas que empregam a fermentação espontânea é muito importante que a fase de latência seja o mais curta possível, para que o crescimento de micro-organismos indesejáveis possa ser suprimido (HORNSEY, 2007).

Figura 1 – Cinética fermentativa para uvas Syrah inoculadas com quatro leveduras comerciais diferentes e uma fermentação espontânea.



Fonte: Do autor (2020).

Na fase de latência, observa-se a existência de três grupos de comportamento, sendo a fermentação espontânea aquela a demorar mais para iniciar a fermentação (155,35 horas) e a levedura comercial BP725 a mais rápida (37,29 horas), sem esta diferir, entretanto, da AWRI 796 e ICV D254. Apesar do comportamento diverso das leveduras na fase de latência, apenas a levedura nativa diferenciou-se das demais com relação ao tempo necessário para atingir 95% da produção total de CO₂, com o tempo mais longo (275,36 horas) que as comerciais (de 160,67 a 178,86 horas). Considerando essa característica, a maior variação também observada no tempo efetivo de fermentação está relacionada ao tempo da fase de latência, sendo

inversamente proporcional a ele: as leveduras que apresentaram a fase lag mais longa tiveram tempo de fermentação efetivo menor, visto que levaram quase o mesmo número de horas para atingir os 95% da produção total de CO₂. Esse comportamento foi evidenciado para a fermentação espontânea e aquela com BP725, na qual a nativa apresentou maior fase de latência e menor tempo efetivo de fermentação, ao contrário da BP725 que apresentou fase de latência mais curta e maior tempo efetivo de fermentação, novamente sem diferir da ICV D254. Torija et al. (2003b) encontraram o mesmo padrão de comportamento ao fermentar mosto branco concentrado diluído em diferentes temperaturas, tendo comportamento similar a este apresentado para a temperatura mais baixa testada.

Tabela 2 - Parâmetros de cinética de fermentação obtidos com a fermentação de uvas Syrah, inoculadas com quatro leveduras comerciais diferentes e uma fermentação espontânea.

Tratamentos	Variáveis analisadas		
	Lag (h)	t95% (h)	NTF (h)
NATIVA	155,35 A	275,36 A	120,01 C
AWRI 796	39,07 BC	160,67 B	121,60 BC
BP725	37,29 C	177,38 B	140,09 A
ICV D254	40,92 BC	175,56 B	134,64 AB
RX60	52,70 B	178,86 B	126,16 BC

* Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Lag: Tempo de fase de latência; t95%: Tempo para que ocorra produção de 95% do dióxido de carbono (CO₂); NTF: Tempo efetivo de fermentação (T95% - Lag).

Fonte: Do autor (2020).

Diversos autores já relataram a influência que a temperatura pode causar aos diversos parâmetros cinéticos de fermentação, sendo bem documentado que a fermentação alcoólica acontece de forma mais rápida em temperaturas mais altas (TORIJA et al., 2003a; TORIJA et al., 2003b; RINALDI et al., 2006; SENER; CANBAS; ÜNAL, 2007 DÍAS et al., 2013; EDER et al., 2017). As uvas deste trabalho foram processadas e fermentadas entre os dias 01 e 16 de agosto de 2019, período no qual a temperatura média ambiental no município de Caldas variou entre 12,4 °C e 18,6 °C – considerada baixa para os padrões de fermentação de uvas para elaboração de vinhos tintos, que é entre 20 e 28 °C (JACKSON, 2000; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; REYNOLDS, 2010).

Díaz et al. (2013), trabalhando com fermentação espontânea de Pinot Noir e Cornalin (ambas *V. vinifera*), também encontraram longas fases de latência (demorando de 144 a 168 horas) e tempo semelhante para a finalização da fermentação (em torno de 264 horas). Outros autores encontraram tempo ainda maior para completar a fermentação espontânea de mostos de Chardonnay e Riesling (ambas *V. vinifera*) – 47 e 32 dias, respectivamente (EGLI et al.,

1998). No trabalho realizado por Torija et al. (2003a) o tempo para completar a fermentação de um mosto branco concentrado diluído, mesmo com o uso de inoculação com leveduras selecionadas variou de 8 a 30 dias. Segundo a literatura (CIANI; PEPE, 2002; DÍAZ et al., 2013; GAVA; FICAGNA; ROSSATO, 2017), fases de latência mais longas oferecem uma oportunidade para leveduras não-*Saccharomyces* e outros micro-organismos, como bactérias acéticas, superarem os microrganismos benéficos e produzirem compostos nocivos, como altos teores de ácido acético, além de haver maior chance de falha na finalização da fermentação. Esse não foi o caso no presente estudo, visto que mesmo com um maior período da fase de latência, as fermentações espontâneas foram finalizadas com sucesso.

Especificamente em relação ao tempo total de fermentação (neste trabalho associado ao tempo necessário para atingir 95% da produção de CO₂), os dados mostram que a inoculação com leveduras comerciais acelera o processo como um todo. Os mostos inoculados com as leveduras comerciais já haviam produzido os 95% do CO₂, aproximadamente de 5,3 a 23,5 horas após a fermentação espontânea estar apenas começando a vencer a fase de latência. Henick-Lling et al. (1998) reportaram comportamento semelhante. Esta capacidade de finalizar a fermentação alcoólica de forma mais rápida possivelmente está relacionada à dominância numérica exercida pela levedura inoculada em relação às leveduras nativas (CIANI; PEPE, 2002; ARNEBORG et al., 2005).

3.2 Perfil físico-químico dos vinhos elaborados

Os resultados das análises físico-químicas dos mostos utilizados na elaboração dos vinhos estão apresentados na Tabela 3. As uvas colhidas apresentaram teores de sólidos solúveis entre 22,68 e 22,95°Brix, não diferindo entre os tratamentos. Estes valores são superiores aos observados em outros trabalhos realizados com uvas Syrah em Minas Gerais conduzidas sob o regime de dupla poda (MOTA et al., 2009; FAVERO et al., 2011; DIAS et al., 2017; SOUZA et al., 2019), mas menores do que os encontrados em outras regiões nas quais esta variedade é submetida à condições climáticas semelhantes às encontradas durante o inverno do Sudeste brasileiro (PEÑA-NEIRA; CÁCERES; PASTENES, 2007; LANDOLT, 2011; GORDILLO et al., 2014).

Os valores de acidez titulável também não diferiram entre os tratamentos e estão de acordo com Mota et al. (2009). Em relação ao pH, também não houve diferença entre os mostos, contudo os valores são mais altos do que aqueles observados anteriormente por outros autores na região (MOTA et al., 2009; FAVERO et al., 2011; DIAS et al., 2017; SOUZA et

al., 2019), estando mais próximos aos valores encontrados em outras regiões vitícolas situadas em locais mais quentes, como a Califórnia (LANDOLT, 2011).

Tabela 3 - Análises físico-químicas de mostos de uvas Syrah, antes da inoculação.

Tratamentos	Variáveis analisadas		
	pH	Acidez titulável ¹ (g.L ⁻¹)	Sólidos solúveis (°Brix)
NATIVA	3,91 A	5,87 A	22,68 A
AWRI 796	3,94 A	5,79 A	22,88 A
BP725	3,91 A	5,81 A	22,88 A
ICV D254	3,95 A	5,72 A	22,95 A
RX60	3,94 A	5,74 A	22,95 A

* Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,01)

¹ Acidez total expressa em g.L⁻¹ de ácido tartárico.

Fonte: Do autor (2020).

As análises físico-químicas realizadas nos vinhos elaborados estão apresentadas nas tabelas 4 e 5. Em relação ao pH do vinho (TABELA 4), apenas o vinho produzido pela levedura AWRI 796 se diferenciou dos demais. Essa levedura apresentou os valores mais baixos para essa variável, característica considerada adequada à boa longevidade do vinho e manutenção de tonalidade mais vermelha (JACKSON, 2000; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; REYNOLDS, 2010).

Diferentemente do pH, os vinhos apresentaram maiores variações nos teores de acidez titulável de acordo com a levedura utilizada (TABELA 4). Os vinhos fermentados com a levedura AWRI 796 apresentaram os valores mais altos, o que está correlacionado aos menores valores de pH apresentados por esse tratamento. Em contraste, o vinho oriundo de fermentação espontânea apresentou os valores mais baixos de acidez titulável, juntamente com o vinho elaborado com ICV D254. Liu et al. (2016) registraram o mesmo comportamento por parte de leveduras selvagens quando comparadas à inoculação comercial de mostos de Cabernet Sauvignon (*V. vinifera*), enquanto Francesca et al. (2010) encontraram resultados opostos quando submeteram mostos da variedade Rovello Bianco (*V. vinifera*) à fermentação com levedura selvagem e um inóculo comercial.

Tabela 4 - Análises físico-químicas de vinhos de uvas Syrah inoculadas com quatro leveduras comerciais diferentes e uma fermentação espontânea.

Tratamentos	Variáveis analisadas				
	pH	Acidez titulável ¹ (g.L ⁻¹)	Acidez volátil ² (g.L ⁻¹)	Álcool (%)	Açúcar residual (g.L ⁻¹)
NATIVA	3,72 A	6,58 C	0,43 C	14,35 A	4,00 A
AWRI 796	3,61 B	8,39 A	0,48 B	13,55 C	3,40 BC
BP 725	3,71 A	6,93 B	0,47 B	13,64 BC	3,25 C
ICV D254	3,74 A	6,56 C	0,53 A	13,75 BC	3,65 ABC
RX60	3,70 A	7,06 B	0,45 BC	14,06 AB	3,75 AB

* Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,01).

¹ Acidez total expressa em g L⁻¹ de ácido tartárico; ² Acidez volátil expressa em g L⁻¹ de ácido acético

Fonte: Do autor (2020).

Esses diferentes comportamentos podem ser aplicados na escolha de leveduras para fermentação de uvas de acordo com o local de origem e com as condições climáticas a que as uvas são submetidas. Via de regra, uvas provenientes de locais quentes tendem a apresentar menor acidez titulável em decorrência da degradação de ácidos por parte da videira; enquanto em locais frios, a tendência é de manutenção da acidez titulável mais alta (MULLINS; BOUQUET; WILLIAMS, 1992; JACKSON, 2000; REGINA et al., 2010). Levando-se em consideração apenas este quesito, leveduras com o comportamento semelhante ao apresentado pela AWRI 796 neste trabalho poderiam ser utilizadas na fermentação de uvas de regiões muito quentes que sofrem maior degradação da acidez, visto que ela mantém valores mais altos desse parâmetro. Em contraste, a fermentação espontânea ou a ICV D254 poderiam ser utilizadas em uvas provenientes de locais mais frios, que possuem acidez total inicial mais alta, visto que apresentaram tendência a manter valores mais baixos neste quesito. Os ácidos orgânicos dão grandes contribuições à composição, estabilidade e qualidades organolépticas dos vinhos e suas propriedades conservantes também melhoram sua estabilidade microbiológica e físico-química (JACKSON, 2000; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; REYNOLDS, 2010).

Os vinhos apresentaram diferenciação também em relação à acidez volátil (TABELA 4). Nesse parâmetro, os menores valores foram obtidos com o uso das leveduras nativas, que não diferiram ainda quanto à RX60, diferentemente do apresentado na literatura em geral (PRETORIUS, 2000; EGLI et al., 1998; BARRAJÓN et al., 2011; HYMA, 2011; SMITH, 2013; JOLLY; VARELA; PRETORIUS, 2014; STEENSELS; VERSTREPEN, 2014). Apesar dessas evidências gerais, há outros estudos com dados similares aos deste trabalho, nos quais fermentações espontâneas de uvas tintas apresentaram valores ainda menores, abaixo de 0,3 g

L⁻¹ (DOMIZIO et al., 2007; DÍAZ et al., 2013; EDER et al., 2017). A produção de ácido acético, o principal componente da acidez volátil, é uma característica não desejada em leveduras, por trazer danos à qualidade do vinho, portanto, quanto menor a produção, melhor (JACKSON, 2000; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; REYNOLDS, 2010).

Quanto ao teor alcoólico (TABELA 4), as leveduras nativas apresentaram os maiores valores absolutos, demonstrando ter a melhor eficiência fermentativa entre as leveduras testadas neste trabalho (sem diferir, entretanto, em relação à RX60, novamente), em discordância às evidências apresentadas de forma geral na literatura (PRETORIUS, 2000; EGLI et al., 1998; BARRAJÓN et al., 2011; HYMA, 2011; SHARMA; SINGH; SAWANT, 2012; JOLLY; VARELA; PRETORIUS, 2014; STEENSELS; VERSTREPEN, 2014).

Domizio e colaboradores (2007) encontraram valores entre 13,7 e 15,3% de álcool em Vinsanto elaborado sem adição de leveduras, demonstrando boa eficiência fermentativa, porém com teores menores do que os mesmos mostos fermentados com inóculo comercial. Comportamento semelhante já havia sido encontrado por outros autores (HENICK-KLING et al, 1998; FRANCESCA et al., 2010). Outro fator que pode ter contribuído para a diferença na produção de etanol é a síntese de compostos secundários, que utilizam outras rotas metabólicas a partir da glicose ou frutose para a produção de glicerol, ácido acético, compostos aromáticos, entre outros (TORIJA et al., 2003a).

Já em relação ao teor de açúcares residuais (TABELA 4), houve também diferenciação entre a ação das leveduras, mas todos os vinhos foram fermentados a ponto de serem considerados secos pela legislação brasileira, abaixo de 4,0 g.L⁻¹ (BRASIL, 2018). Díaz e colaboradores (2013), trabalhando com fermentação espontânea em variedades tintas, atingiram valores de açúcar residual semelhantes aos encontrados neste trabalho, dentro do mesmo espaço de tempo, enquanto Eder et al. (2017) atingiram valores de 3,47 g L⁻¹ com apenas cinco dias de fermentação espontânea de mosto de uvas Isabel (*V. labrusca*). Francesca et al. (2010) não encontraram diferença significativa entre os vinhos fermentados com levedura selvagem e inóculo comercial para esse parâmetro.

Os parâmetros de densidade, cinzas e extrato seco (Tabela 5), a levedura AWRI 796 apresentou o maior valor de densidade, diferenciando-se das demais. Esses valores podem estar relacionados ao menor teor de álcool e alto teor de extrato seco encontrado nos vinhos elaborados com essa levedura. Outros autores também encontraram uma relação inversamente proporcional entre densidade e álcool (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; YANNIOTIS et al., 2007), assim como uma relação diretamente proporcional entre densidade e extrato seco (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; YANNIOTIS et al., 2007; NETO et al., 2015).

Tabela 5 - Análises físico-químicas de vinhos de uvas Syrah inoculadas com quatro leveduras comerciais diferentes e uma fermentação espontânea (continuação).

Tratamentos	Variáveis analisadas		
	Densidade (20/20)	Cinzas (g L ⁻¹)	Extrato Seco (g L ⁻¹)
NATIVA	0,9921 B	2,83 A	31,09 A
AWRI 796	0,9932 A	2,84 A	31,00 A
BP 725	0,9923 B	2,92 A	29,10 B
ICV D254	0,9919 B	3,02 A	28,45 B
RX60	0,9923 B	2,84 A	30,00 AB

* Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,01).

Fonte: Do autor (2020).

Com relação ao extrato seco, a AWRI 796 manteve-se no grupo com maiores valores, sem diferenciar-se das nativas e RX60. No vinho, o extrato seco, inclui substâncias orgânicas não voláteis, como ácidos orgânicos (málico, tartárico, láctico e outros), substâncias fenólicas (antocianina, flavonóis, taninos, entre outros) e açúcares residuais, além de compostos minerais (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006). Esse comportamento da AWRI 796 pode estar relacionado aos maiores valores de acidez titulável apresentados nos vinhos elaborados com esta levedura, uma vez que não há diferenciação clara entre as leveduras em outros parâmetros que também influenciam de forma diretamente proporcional no extrato seco, como os açúcares residuais e os compostos fenólicos (que serão discutidos a frente) (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; YANNIOTIS et al., 2007; NETO et al., 2015).

Há mais matéria orgânica do que inorgânica no extrato seco do vinho. Este último está representado por cinzas, que contém todos os produtos resultantes da queima do resíduo de evaporação do vinho, de forma a obter todos os cátions na forma de carbonatos e outros sais minerais anidros (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006). Não houve diferenciação entre as leveduras no quesito cinzas neste trabalho (TABELA 5).

Observando-se isoladamente o comportamento das leveduras nativas em relação às análises físico-químicas, percebe-se que elas obtiveram ótimo desempenho, apresentando os menores valores de acidez volátil, maiores teores alcoólicos, alto extrato seco e concentração de açúcar residual que, apesar de numericamente mais alta, ainda os enquadra na classificação de “vinho seco” pela legislação. Estudos apontam que os teores de álcool, açúcar e extrato seco estão diretamente relacionados à sensação de corpo e preenchimento ocasionados pelo vinho em boca, sendo que quanto mais altos, maior a sensação do vinho ser encorpado – uma característica altamente desejada em vinhos de qualidade (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; YANNIOTIS et al., 2007; NETO et al., 2015).

3.3 Perfil de compostos fenólicos e índices de cor dos vinhos elaborados

Os compostos fenólicos são um grupo muito complexo de substâncias com grande diversidade estrutural que são particularmente relevantes para a qualidade dos vinhos tintos, sendo essenciais para a definição de cor e sabor. A composição fenólica do vinho depende da origem da uva (variedade, clima, solo, exposição ao sol, elevação), das práticas enológicas e condições de armazenamento (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009). Os resultados das análises dos compostos fenólicos dos vinhos elaborados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Análises de compostos fenólicos de vinhos Syrah inoculadas com quatro leveduras comerciais diferentes e uma fermentação espontânea

Tratamento	Variáveis analisadas			
	Antocianinas (mg L ⁻¹) ¹	Fenólicos Totais (mg mL ⁻¹) ²	Flavanóis (g L ⁻¹)	IPT
NATIVA	379 A	1,17 A	1,71 A	44,43 A
AWRI 796	341 AB	1,17 A	1,52 A	44,15 A
BP725	299 B	1,14 A	1,48 A	42,38 A
ICV D254	342 AB	1,21 A	1,67 A	46,00 A
RX60	343 AB	1,17 A	1,58 A	44,93 A

* Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,01)

¹ expresso em mg L⁻¹ de malvidina-3-glicosídeo; ² fenólicos totais expresso em mg mL⁻¹ de ácido gálico; IPT: Índice de Polifenóis Totais.

Fonte: Do autor (2020).

Percebe-se que houve pouca variação na ação das leveduras testadas sobre os diferentes compostos fenólicos. Não houve variação entre as leveduras nos fenólicos totais, flavanóis e no índice de polifenóis totais. Observou-se diferença entre a nativa e a BP725 em relação às antocianinas, com a primeira apresentando os valores mais altos, porém não diferindo das demais leveduras. Antocianinas são os pigmentos vermelhos responsáveis pela cor dos vinhos tintos. Considera-se que os vinhos de melhor qualidade geralmente apresentam níveis mais altos deste composto, em torno de 500 mg L⁻¹ para vinhos encorpados jovens (LIAO; CAI; HASLAM, 1992; RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; WATERHOUSE; SACKS; JEFFERY, 2016).

As antocianinas e flavanóis dependem da cultivar, maturidade, idade da planta, condições climáticas, área de produção e da produtividade da planta. No vinho, sua composição dependerá, portanto, do perfil original da uva, mas também das técnicas de extração e vinificação empregadas, como o tempo de maceração (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009). Uma vez que as uvas utilizadas sejam da mesma origem e a técnica de vinificação seja idêntica, outros fatores precisam ser levados em

consideração para explicar as diferenças encontradas. Diversos autores já relataram que vários mecanismos podem acarretar na diminuição da concentração das antocianinas no vinho recém fermentado, entre eles a adsorção em materiais sólidos, como as paredes celulares das leveduras, ou através da interação entre estes compostos e manoproteínas, que são polissacarídeos excretados pelas leveduras (ESCOT et al., 2001; VIDAL et al., 2004; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009). As manoproteínas, por sua vez, podem ser excretadas em diferentes concentrações a depender da cepa da levedura, o que pode interferir na dimensão da interação entre antocianinas e esses polissacarídeos (ESCOT et al., 2001; CARIDI et al., 2004). O fato da levedura BP725 ter apresentado deficiência no teor de antocianinas contrasta com a informação apresentada na ficha técnica, na qual declara ter capacidade aumentada na extração e mínima perda da cor durante a fermentação (AB BIOTEK, 2018).

Ao se observar a composição de cores, ou seja, a contribuição de cada um dos três componentes na cor geral, a BP725 foi a que apresentou os valores mais baixos de leitura no comprimento de onda de 520 nm (vermelho), diferindo das demais. Esse valor é baixo o suficiente para diferenciá-la das demais leveduras quanto à vivacidade do vermelho. Segundo Ribéreau-Gayon et al. (2006), o espectro dos vinhos tintos tem um máximo a 520 nm - devido às antocianinas - e a vivacidade (brilho) dos vinhos tintos está ligada à forma do espectro. Quando o vinho é vermelho vivo, o máximo a 520 nm é estreito e bem definido. Por outro lado, é achatado e amplo quando o vinho é vermelho escuro ou vermelho tijolo. Portanto, quanto maior o valor para o quesito “vivacidade”, mais dominante é a cor vermelha no vinho. Sendo assim, o vinho obtido com a BP725 neste trabalho apresenta coloração vermelha menos “viva” que os demais.

Tabela 7 – Índices de cor de vinhos Syrah inoculadas com quatro leveduras comerciais diferentes e uma fermentação espontânea.

Tratamentos	Variáveis analisadas					
	OD 420 (%) ¹	OD 520 (%) ²	OD 620 (%) ³	<i>dA</i> (%) ⁴	Intensidade de cor	Tonalidade
NATIVA	34,23 B	54,74 A	11,03 A	58,66 A	9,22 A	0,63 B
AWRI 796	34,20 B	55,39 A	10,42 B	59,71 A	9,07 A	0,62 B
BP725	36,44 A	52,94 B	10,62 AB	55,51 B	9,21 A	0,69 A
ICV D254	34,90 B	54,23 A	10,87 AB	57,80 A	9,84 A	0,64 B
RX60	34,05 B	55,11 A	10,84 AB	59,27 A	9,80 A	0,62 B

* Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$). ¹ contribuição da cor amarela na cor geral; ² contribuição da cor vermelha na cor geral; ³ contribuição da cor azul na cor geral; ⁴ vivacidade do vermelho.

Fonte: Do autor (2020).

Especificamente quanto à ação da AWRI 796, apesar de seu pH ser notadamente mais baixo e a acidez titulável mais alta (TABELA 4) e dos vinhos elaborados com ela apresentarem os valores mais altos de leitura a 520 nm e vivacidade do vermelho, não houve diferenciação em relação às demais leveduras (exceto a BP725, explicado anteriormente). É sabido que as cores das soluções de antocianina estão diretamente ligadas ao pH, sendo mais vermelhas quanto mais ácido for o meio, perdendo a cor à medida que o pH aumenta (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006). Esse efeito, entretanto, não ficou evidente neste trabalho.

Os vinhos, de forma geral, sofreram pouca influência da levedura na composição fenólica e nos índices de cor. Diversos trabalhos mostram, contudo, a ampla diferença de ação que leveduras podem causar no aspecto visual do vinho (ESCOT et al., 2001; CARIDI et al., 2004; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; FRANCESCA et al, 2010; SHARMA; SINGH; SAWANT, 2012).

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados do presente estudo, pode-se concluir que as diferentes leveduras influenciaram o comportamento da fermentação e os parâmetros físico-químicos dos vinhos.

A fermentação espontânea apresentou maior fase de latência e demorou mais tempo para finalizar a fermentação. Houve influência das diferentes leveduras em relação aos parâmetros “pH”, “acidez total”, “acidez volátil”, “teor alcoólico”, “açúcar residual”, “densidade” e “extrato seco”. Apenas a levedura BP725 apresentou comportamento negativo em relação às “antocianinas” e aos índices de cor.

As leveduras nativas obtiveram bom desempenho, apresentando os menores valores de acidez volátil, maiores teores alcoólicos, alto extrato seco e concentração de açúcar residual dentro do limite da classificação de “vinho seco” pela legislação brasileira, mesmo tendo a maior fase de latência e o maior tempo total de fermentação. Quanto aos compostos fenólicos e índices de cor, a fermentação espontânea não diferiu das leveduras comerciais.

Pode-se concluir que, no contexto de vinificação de Syrah colhida no inverno em Minas Gerais, a opção da fermentação espontânea possui méritos e tem potencial para ser utilizada na obtenção de vinhos de qualidade. Porém é preciso citar que testes sensoriais são fundamentais para avaliar as características globais de um vinho e determinar, ao final, a potencialidade de utilização de uma levedura específica para a indústria vitivinícola.

5 REFERÊNCIAS

AB BIOTEK. **Yeast strains**. Disponível em: < <https://wine.abbiotek.com/yeast-strains>>. Acesso em: 01 set. 2018.

AMERINE, M. A.; OUGH, C. S. **Methods for analysis of musts and wines**. New York: John Wiley & Sons, 1980. 341p.

AMORIM, D. A.; FAVERO, A. C.; REGINA, M. A. Produção extemporânea da videira, cultivar Syrah, nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 327-331, 2005.

ARNEBORG, N. et al. Interactive optical trapping shows that confinement is a determinant of growth in a mixed yeast culture. **FEMS Microbiology Letters**, v. 245, n. 1, p. 155-159, 2005.

BARRAJÓN, N. et al. Enological properties in wild and commercial *Saccharomyces cerevisiae* yeasts: relationship with competition during alcoholic fermentation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 27, n. 11, p. 2703-2710, 2011.

BLOUIN, J.; GUIMBERTEAU, G. **Maduración y madurez de la uva**. Madrid: MundiPrensa, 2004. 151p.

BRASIL, Decreto nº 8198, de 20 de fevereiro de 2014. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 fev. 2014.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de Métodos de análises de Bebidas e Vinagres. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 nov. 1986. Seção 1, pt.2

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 14, de 08 de fevereiro de 2018. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 mar. 2018.

CARIDI, A. et al. Influence of yeast on polyphenol composition of wine. **Food Technology and Biotechnology**, v. 42, n. 1, p. 37-40, 2004.

CAVAZZA, A.; POZNANSKI, E.; TRIOLI, G. Restart of fermentation of simulated stuck wines by direct inoculation of active dry yeasts. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 55, n. 2, p. 160-167, 2004.

CHAVES LÓPEZ, C. et al. Influence of quinoxifen residues on *Saccharomyces cerevisiae* fermentation of grape musts. **Food Technology and Biotechnology**, v. 42, n. 2, p. 89-97, 2004.

CIANI, M.; PEPE, V. The influence of pre fermentative practices on the dominance of inoculated yeast starter under industrial conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, n. 5, p. 573-578, 2002.

CURVELO-GARCIA, A. S. Polifenóis. A cor dos vinhos. **Controlo de qualidade dos vinhos**. Lisboa: Instituto da Vinha e do Vinho, 1988. p. 311-347.

DALGAARD, P.; KOUTSOUMANIS, K. Comparison of maximum specific growth rates and lag times estimated from absorbance and viable count data by different mathematical models. **Journal of Microbiological Methods**, v. 43, n. 3, p. 183–196, 2001.

DIAS, F. A. N. et al. Rootstock on vine performance and wine quality of ‘Syrah’ under double pruning management. **Scientia Agricola**, v. 74, n. 2, p. 134-141, 2017.

DÍAZ, C. et al. Characterization and dynamic behavior of wild yeast during spontaneous wine fermentation in steel tanks and amphorae. **BioMed Research International**, v. 2013, p. 1-13, 2013.

DOMIZIO, P. et al. Spontaneous and inoculated yeasts populations dynamics and their effect on organoleptic characters of Vinsanto wine under different process conditions. **International Journal of Food Microbiology**, v. 115, n. 3, p. 281-289, 2007.

EDER, M. L. R. et al. Isolation and identification of the indigenous yeast population during spontaneous fermentation of Isabella (*Vitis labrusca* L.) grape must. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, n. 532, p. 1-8, 2017.

EGLI, C. M. et al. Dynamics of indigenous and inoculated yeast populations and their effect on the sensory character of Riesling and Chardonnay wines. **Journal of Applied Microbiology**, v. 85, n. 5, p. 779-789, 1998.

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**, v. 7, n. 3, p. 153-159, 2001.

FAVERO, A. C. et al. Double-pruning of ‘Syrah’ grapevines: a management strategy to harvest wine grapes during the winter in the Brazilian Southeast. **Vitis**, v. 50, n. 4, p. 151-158, 2011.

FAVERO, A. C. et al. Viabilidade de produção da videira “Syrah”, em ciclo de outono inverno, na região sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 685-690, 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FRANCESCA, N. et al. Indigenous yeast communities in the environment of “Rovello bianco” grape variety and their use in commercial white wine fermentation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 26, n. 2, p. 337-351, 2010.

GAVA, A.; FICAGNA, E.; ROSSATO, S. B. Características fermentativas de leveduras comerciais em mosto de uva. **Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos**, v. 3, n. 1, p. 1-9, 2017.

GIUSTI, M. M.; WROSLTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by uv-visible spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, v. 00, n. 1, p. F1.2.1-F1.2.13, 2000.

GORDILLO, B. et al. Impact of adding white pomace to red grapes on the phenolic composition and color stability of Syrah wines from a warm climate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 12, p. 2663-2671, 2014.

HALOI, N. E. E. et al. Method for on-line prediction of kinetics of alcoholic fermentation in wine making. **Journal of Fermentation and Bioengineering**, v. 68, n. 2, p. 131-135, 1989.

HENICK-KLING, T. et al. Selective effects of sulfur dioxide and yeast starter culture addition on indigenous yeast populations and sensory characteristics of wine. **Journal of Applied Microbiology**, v. 84, n. 5, p. 865-876, 1998.

HORNSEY, I. The yeast and fermentation. In: **The chemistry and biology of winemaking**. 1. ed. Cambridge: RSC Publishing, 2007. p. 116-160.

HUANG, L. **The USDA Integrated Pathogen Modeling Program**. 2014. INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO (IBRAVIN), 2020.

HYMA, K. E. Divergence in wine characteristics produced by wild and domesticated strains of *Saccharomyces cerevisiae*. **FEMS Yeast Research**, v. 11, n. 7, p. 540-551, 2011.

JACKSON, R. S. **Wine science: principles, practice, perception**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 2000. 649 p.

JOLLY, N. P.; VARELA, C.; PRETORIUS, I. S. Not your ordinary yeast: non-Saccharomyces yeasts in wine production uncovered. **FEMS Yeast Research**, v. 14, n. 2, p. 215-237, 2014.

KÖNIG, H.; UNDEN, G.; FRÖHLICH, J. **Biology of Microorganisms on Grapes, in Must and in Wine**. 1 ed. Berlin: Springer, 2009. 522 p.

LAFFORT. **Product catalogue: Winemaking nutrients**. Disponível em: <<https://laffort.com/en/products/superstart-rouge/>>. Acesso em: 25 ago. 2020

LAFFORT. **Product catalogue: Zymaflore yeasts**. Disponível em: <<https://laffort.com/en/ranges/zymaflore-yeast/>>. Acesso em: 01 set. 2018

LALLEMAND. Wine. Products. Catalogue. **Wine yeasts**. Disponível em: <<http://www.lallemmandwine.com/en/north-america/products/catalogue/>>. Acesso em: 01 set. 2018

LANDOLT, J. S. **Effects of pruning level and canopy management practices on berry maturation rate and harvest parameters of Syrah wine grapes**. San Luis Obispo, USA: California Polytechnic State University, 2011. Tese, Cal Poly, 2011. Disponível em: <<https://digitalcommons.calpoly.edu/theses/476/>>. Acesso em: 01 jun. 2020

- LIAO, H.; CAI, Y.; HASLAM, E. Polyphenol interactions. Anthocyanins: co-pigmentation and colour changes in red wines. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 59, n. 3, p. 299-305, 1992.
- LIU, P. T. et al. The contribution of indigenous non-Saccharomyces wine yeast to improved aromatic quality of Cabernet Sauvignon wine by spontaneous fermentation. **LWT – Food Science and Technology**, v. 71, p. 356-363, 2016.
- MINOLTA, K. Estudo da cor. **Manual do espectrofotômetro**, 49p. 1994. Disponível em: https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf. Acesso em: 09 junho 2020.
- MORENO-ARRIBAS, M. V.; POLO, M. C. **Wine chemistry and biochemistry**. Breinigsville: Springer, 2009. 735 p.
- MOTA, R.V. et al. Caracterização físico-química e amins bioativas em vinhos da cv. Syrah I – Efeito do ciclo de produção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 380-385, 2009.
- MOTA, R. V. et al. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1127-1137, 2010.
- MULLINS, M. G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, E. **Biology of the grapevine**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 239 p.
- NETO, F. S. P. P. et al. Effect of ethanol, dry extract and reducing sugars on density and viscosity of Brazilian red wines. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 7, p. 1421-1427, 2015.
- PEÑA-NEIRA, A.; CÁCERES, A.; PASTENES, C. Low molecular weight phenolic and anthocyanin composition of grape skins from cv. Syrah (*Vitis vinifera* L.) in the Maipo Valley (Chile): effect of cluster thinning and vineyard yield. **Food Science and Technology International**, v. 13, n. 2, p. 153-158, 2007.
- PRETORIUS, I. S. Tailoring wine yeast for the new millennium: novel approaches to the ancient art of winemaking. **Yeast**, v. 16, n. 8, p. 675-729, 2000.
- REGINA, M. A. et al. Influência da altitude na qualidade das uvas ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 143-150, 2010.
- REYNOLDS, A. G. **Managing wine quality: oenology and wine quality**. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2010. 677 p.
- RIBÉREAU-GAYON, P. et al. **Handbook of enology: the chemistry of wine, stabilization and treatments**. 2. ed. West Sussex: Wiley, 2006. 450p.
- RINALDI, S. et al. Monitoring wine quality and fermentation kinetics with innovative Technologies. In: CONGRESO MUNDIAL DE LA VIÑA Y EL VINO, 29., 2006, Madrid. **Anais...** Madrid: Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 2006, 10 p. Disponível em: <<https://openpub.fmach.it/handle/10449/17701#.XultmEVKjIU>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

- SABLAYROLLES, J. M. Control of alcoholic fermentation in winemaking: current situation and prospect. **Food Research International**, v. 42, n. 4, p. 418-424, 2009.
- SABLAYROLLES, J. M.; BALL, C. B. Fermentation kinetics and the production of volatiles during alcoholic fermentation. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 53, n. 2, p. 72-78, 1995.
- SENER, A.; CANBAS, A.; ÜNAL, M. U. The effect of fermentation temperature on the growth kinetics of wine yeast species. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 31, n. 5, p. 349-354, 2007.
- SHARMA, A. K.; SINGH, P. N.; SAWANT, S. D. Evaluation of fermentation efficiency of yeast strains and their effect on quality of young wines. **Indian Journal of Microbiology**, v. 52, n. 3, p. 495-499, 2012.
- SMITH, C. Yeast inoculation: threat or menace? In: **Postmodern Winemaking**. Berkeley: University of California Press, cap. 23, 2013.
- SOUZA, C. R. et al. Row orientation effects on Syrah grapevine performance during winter growing season. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 66, n. 3, p. 184-190, 2019.
- STEENSELS, J.; VERSTREPEN, K. J. Taming wild yeast: potential of conventional and nonconventional yeasts in industrial fermentations. **Annual Review of Microbiology**, v. 68, n. 1, p. 61-80, 2014.
- TORIJA, M. J. et al. Effects of fermentation temperature and *Saccharomyces* species on the cell fatty acid composition and presence of volatile compounds in wine. **International Journal of Food Microbiology**, v. 85, n. 1-2, p. 127-136, 2003a.
- TORIJA, M. J. et al. Effects of fermentation temperature on the strain population of *Saccharomyces cerevisiae*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 80, n. 1, p. 47-53, 2003b.
- VIDAL, S. et al. Use of an experimental design approach for evaluation of key wine components on mouth-feel perception. **Food Quality and Preference**, v. 15, n. 3, p. 209-217, 2004.
- WATERHOUSE, A. L.; SACKS, G. L.; JEFFERY, D. W. **Understanding wine chemistry**. Chichester: John Wiley & Sons, Inc., 2016. 443 p.
- YANNIOTIS, S. et al. Effect of ethanol, dry extract and glycerol on the viscosity of wine. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 2, p. 399-403, 2007.
- ZWIETERING, M. H. et al. Modeling of the bacterial growth curve. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 56, n. 6, p. 1875-1881, 1990.