

Bebidas Fermentadas e Destiladas: pesquisas e aplicabilidades

ISBN: 978-65-88884-19-5

Capítulo **05**

Bactérias e leveduras presentes em vinhos naturais

Taís Suhre ^{a*}, Laura Oliveira Lago ^a

^a Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

***Autor correspondente:** Taís Suhre, mestre, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, taisuhre@hotmail.com

Data de submissão: 31-03-2022

Data de aceite: 11-05-2023

Data de publicação: 27-06-2023



10.51161/editoraime/248/134



RESUMO

Introdução: Nos últimos anos, por conta de uma maior conscientização dos consumidores e demanda por produtos com menor impacto ambiental, concomitante com outras indústrias da área de alimentos, a indústria vinícola tem adotado um número crescente de iniciativas que visam aumentar a sustentabilidade de suas práticas e a qualidade de seus produtos. Nesse contexto, os vinhos naturais representam uma tendência emergente e em rápido crescimento. No entanto, embora exista crescente interesse dos produtores e consumidores no assunto, as contribuições acadêmicas sobre o vinho natural são bastante escassas. **Objetivo:** Assim, considerando questões relacionadas à segurança dos alimentos, a discussão sobre a caracterização microbiológica dos vinhos naturais necessita aprofundamento e foi o objetivo deste trabalho. **Metodologia:** Dessa forma, em formato de revisão integrativa, buscou-se levantar trabalhos nas principais bases de pesquisa bibliográfica, que identificaram as espécies de leveduras e bactérias presentes em vinhos naturais. **Resultados e discussão:** A partir dos trabalhos encontrados, foram discutidos tópicos como a definição de vinhos naturais, microbioma selvagem, bactérias, leveduras, segurança e estabilidade microbiológica. **Conclusão:** Concluindo que os microrganismos encontrados em vinhos naturais geralmente não são aceitos pelos vinhos tradicionais e embora a fermentação espontânea abra espaço para maiores riscos de deterioração e comprometimento da estabilidade microbiológica, esses produtos podem apresentar características sensoriais complexas e interessantes.

Palavras-chave: vinho natural; fermentação espontânea; microbiota; sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, várias empresas que atuam na indústria de alimentos incorporaram princípios de sustentabilidade ambiental, econômica e social em seus modelos de negócios (MIGLIORE *et al.*, 2015; SCHIMMENTI *et al.*, 2016). A indústria vinícola, embora tradicionalmente considerada “verde”, também tem adotado um número crescente de iniciativas que visam aumentar a sustentabilidade de suas práticas e a qualidade de seus produtos. Nesse contexto, os vinhos naturais são um caso emblemático, representando uma tendência emergente e em rápido crescimento (GONZÁLEZ & DANS, 2018).

Uma das principais motivações do crescimento desse mercado reside na mudança de comportamento dos consumidores que cada vez mais tomam decisões de compra com base não só nas características do produto de que necessitam, mas também no impacto que estes produtos têm no ambiente (MARSHAL *et al.*, 2005; MOULTON & ZWANE, 2005; GIACOMARRA *et al.*, 2016). Dessa forma, o movimento dos vinhos naturais têm ganhado fama global, conectando produtores rurais com os consumidores urbanos. Ademais, os produtos gerados simbolizam um movimento dos viticultores que enxergam a agricultura como um ato ético contra a industrialização do vinho e a favor de sistemas alimentares mais sustentáveis (GONZÁLEZ & DANS, 2020).

No entanto, embora há um crescente interesse dos produtores e consumidores no assunto, as contribuições acadêmicas sobre o vinho natural são bastante escassas e, assim, blogueiros, especialistas e profissionais do vinho assumiram a liderança para compreender melhor o vinho natural, explorá-lo e divulgá-lo para um público mais amplo (WEI *et al.*, 2022). Assim, considerando o crescente mercado de vinhos naturais e questões relacionadas à segurança de alimentos, é de fundamental importância conhecer a composição microbiológica dos produtos disponíveis. Portanto, os objetivos desta revisão foram levantar trabalhos que trouxeram a definição do que são vinhos naturais, conhecer as espécies de leveduras e bactérias presentes nessas bebidas e debater questões relacionadas à segurança e estabilidade microbiológica destes produtos.

2 METODOLOGIA

A metodologia escolhida para esta pesquisa foi a de uma revisão integrativa, buscando-se levantar trabalhos que trouxeram definições sobre vinhos naturais, identificaram as espécies de leveduras e bactérias presentes nessas bebidas e abordaram tópicos relacionados à estabilidade e segurança dos produtos. As bases de dados utilizadas nesta pesquisa bibliográfica foram Google Scholar e Scopus e a pesquisa foi realizada no período de abril de 2022 até abril de 2023. As seguintes palavras-chave foram usadas nas buscas na literatura publicada: “natural wine”, “Sustainability”, “spontaneous wine fermentation”, “wine fermentation indigenous microorganisms”, “indigenous microbial communities in grapes”,

“natural wine yeast strains”, “wine microbiology”, “yeast species” e “bacteria species”.

Foram incluídos nesta revisão artigos e capítulos de livro de 2000 a 2023, redigidos nos idiomas inglês e português. Os trabalhos utilizados foram triados através da leitura do título e do resumo, sendo excluídos os que não tratavam do tema de interesse e não foram redigidos nos idiomas selecionados. Além disso, para a complementação da discussão dos tópicos apresentados, foram utilizados dados retirados de artigos disponíveis em sites da internet.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a triagem e leitura total dos trabalhos, foram utilizados 31 trabalhos para esta revisão, sendo 23 artigos científicos, 3 artigos de sites da internet e 4 capítulos de livro. A partir dos trabalhos selecionados e dos resultados encontrados, a discussão foi separada nos tópicos: definição de vinhos naturais, microbioma selvagem, bactérias, leveduras e segurança e estabilidade microbiológica.

3.1 Definição de vinhos naturais

Atualmente, não há consenso sobre uma definição específica e regulamentada de “vinho natural”. Na Tabela 1, são apresentadas algumas definições encontradas na literatura, estabelecidas por associações internacionais. De modo geral, pode-se dizer que um vinho é natural quando a intervenção humana desde a videira até o processamento da bebida é mínima, ou seja, sem uso de pesticidas durante o cultivo da uva (agricultura orgânica), de aditivos na produção da bebida (levedura comercial) e sem adição de sulfitos (ou em concentrações muito baixas), sendo considerado a expressão natural do *terroir* e da variedade da uva. Comumente, essas bebidas não são filtradas, o que significa que qualquer sedimento pode estar presente na garrafa, além de serem levemente turvos (GOODE & HARROP, 2011; GONZÁLEZ & DANS, 2020; PUCKETTE, 2022; UPSCAPE, 2022; WEI *et al.*, 2022).

Tabela 1. Diferentes definições de vinho natural estabelecidas por associações internacionais de vinhos naturais.

Associação	Definição de vinho natural	Normas
Vinho Bruto (<i>Raw Wine</i>) (GB ^a , Alemanha, EUA ^b)	Vinho elaborado com uvas cultivadas de forma orgânica ou biodinâmica, usando permacultura ou afins e feito (ou melhor, transformado) sem adicionar ou remover nada na adega. Nenhum aditivo ou auxiliar de processamento é usado, e a "intervenção" no processo de fermentação natural é mínima. Não é usado colagem nem filtração. O resultado é um vinho vivo, saudável e com microbiota natural.	Vinhedo: uvas orgânicas/biodinâmicas. Adega: sem aditivos (sem adição de sulfito), sem colagem, sem filtração.
Associação dos Vinhos Naturais (França)	Vinho elaborado com uvas cultivadas de forma orgânica ou biodinâmica, vinificado e engarrafado sem nenhum insumo ou aditivo.	Vinhedo: uvas orgânicas/biodinâmicas. Adega: sem aditivos (sem adição de sulfito).
Vinhos S.A.I.N.S. ^c (França)	Vinho sem insumos e sem adição de sulfitos.	Sem aditivos (sem adição de sulfito). Vinhedo: uvas orgânicas.
Grupo Vini Veri (Itália)	Sem definição	Adega: Concentração de dióxido de enxofre não pode exceder 80 mg L ⁻¹ para vinhos secos e 100 mg L ⁻¹ para vinhos doces. Vinhedo: sem pesticidas sintéticos.
VinNatur (Itália)	Sem definição	Adega: Concentração de dióxido de enxofre não pode exceder 50 mg L ⁻¹ . Vinhedo: Não são usados fertilizantes químicos, herbicidas, pesticidas, fungicidas sistêmicos ou organismos geneticamente modificados.
APVN (Espanha)	Vinho feito com uvas naturais, sem acrescentar ou retirar nada delas.	Adega: Sem adição de sulfito.

Fonte: González & Dans (2020). ^a GB: Grã-Bretanha. ^b EUA: Estados Unidos da América. ^c S.A.I.N.S.: Sem nenhum insumo ou sulfito (*Sans Aucun Intrans Ni Sulfite*).

3.2 Microbioma selvagem

O vinho surgiu como uma mistura casual de química e biologia, onde os microrganismos desempenham um papel decisivo na qualidade sensorial do produto final. Atualmente, a fermentação do mosto da uva pode ser realizada inoculando uma levedura comercial ou permitindo que os microrganismos naturalmente presentes na fruta fermentem. A utilização do inóculo reduz o potencial desses microrganismos de contribuírem para o *terroir*. Portanto, buscando características sensoriais relacionadas à origem do local de produção e às características das uvas, na produção de vinhos naturais, a fermentação ocorre sem a utilização de um inóculo de levedura comercial (WEI et al., 2022).

Segundo a Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV), como a microbiota associada à uva de diferentes regiões apresenta padrões biogeográficos, certas características dos vinhos dessas regiões podem estar relacionadas à composição da comunidade microbiana regional associadas à videira. No entanto, comparado com o ecossistema de vinhos naturais, nas vinhas tradicionais, geralmente o nível de biodiversidade microbiana é baixo (HENDGEN et al., 2018) e a perda de algumas espécies é mais provável, afetando funções de todo o ecossistema da vinha (WEI et al., 2022).

De acordo com as características sensoriais esperadas, os microrganismos encontrados em vinhos naturais geralmente não são aceitos pelos produtores de vinhos tradicionais, sendo considerados contaminantes (WEI et al., 2022). Por outro lado, os vinhos fermentados espontaneamente, embora com maior risco de deterioração, são geralmente considerados como tendo características sensoriais melhoradas, como complexidade, sensação na boca (textura) e melhor integração de sabores, em relação aos vinhos inoculados (JOLLY et al., 2014).

3.3 Bactérias

As bactérias fazem parte da microbiota natural do vinho e desempenham um papel importante na vinificação. Porém, elas também podem causar inúmeros problemas de deterioração do vinho, que reduzem a sua qualidade e o seu valor. Dessa forma, as bactérias do ácido láctico (LAB) e as do ácido acético (AAB) são as únicas famílias de bactérias encontradas no mosto da uva e no vinho (BARTOWSKY, 2009).

As LAB associadas ao vinho são dos gêneros *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus* e *Pediococcus*. Elas conduzem a fermentação malolática (MLF) produzindo ácido láctico, mas também afetam a qualidade do vinho como microrganismos de deterioração quando proliferam no momento errado durante o processo de vinificação. Algumas alterações indesejáveis causadas por LAB incluem (BARTOWSKY, 2009; CAMPANIELLO & SINIGAGLIA, 2017):

Refermentação: produção de gás/bolhas (CO₂) e presença de turbidez. Ocorre em vinhos engarrafados com pH 3,5 na presença de LAB e de nutrientes que favorecem o seu crescimento.

Ropiness ou vinho gorduroso: causado pelos gêneros *Leuconostoc* e *Pediococcus*, consiste em um aumento da viscosidade e uma aparência viscosa ou oleosa. A viscosidade se deve à produção de um polissacarídeo extracelular, composto por D-glucana, na presença de etanol.

Mousiness: causado por *Lactobacillus* spp., resulta do metabolismo da ornitina e da lisina que leva a formação de compostos heterocíclicos de nitrogênio, como 2-acetiltetrahidropiridina (ACTPY), 2-acetil-1-pirrolina (ACPY) e 2-etiltetrahidropiridina (ETPY), percebidos como compostos desagradáveis. Mais especificamente, esses compostos são caracterizados por possuírem um sabor persistente que remete a camundongos.

Amargor: induzido pela acroleína, composto químico produzido por LAB. A presença deste composto como componente único não é alarmante, mas quando reage com as antocianinas produz amargor no vinho.

Em relação às AAB, *Acetobacter*, *Gluconobacter* e *Gluconacetobacter* são os principais gêneros associados à deterioração da uva e do vinho. Ácido acético, acetaldeído e acetato de etila são os principais compostos produzidos por essas bactérias (CAMPANIELLO & SINIGAGLIA, 2017). O ácido acético pode ser formado no mosto das uvas, durante a fermentação e no vinho engarrafado contaminado com AAB. Em altas concentrações, acima de 0,7 g/L, confere ao vinho um aroma desagradável de vinagre e um sabor amargo (COSME *et al.*, 2021).

O acetaldeído é produzido por AAB provenientes de uvas e equipamentos através da oxidação do etanol, sendo que seu limiar sensorial em vinhos tintos é de 40-100 mg/L. Em baixas concentrações, ele confere um aroma frutado, porém em altas doses confere um aroma irritante pungente descrito como “verde”, “gramado”, “noz”, “semelhante ao xerez”, “maçã machucada” ou mesmo “vegetativo” (SHERIDAN & ELIAS, 2015; COSME *et al.*, 2021). Além de afetar a qualidade da bebida, a exposição ao acetaldeído representa um risco à saúde do consumidor uma vez que é extremamente tóxico devido à sua capacidade de reagir com várias moléculas biológicas, como o DNA, podendo provocar mutações, sendo relacionado com várias doenças, como câncer do trato aerodigestivo superior (cavidade oral, faringe, laringe e esôfago), fígado, intestino grosso e mama (IARC, 2012; VIJAYRAGHAVAN *et al.*, 2022).

Além disso, em concentrações abaixo de 50 mg/L no vinho, o acetato de etilo contribui com um aroma frutado, mas em concentrações acima de 150 mg/L, ele confere um aroma desagradável de “esmalte de unhas” (COSME *et al.*, 2021). No entanto, as ocorrências da maioria dos cenários de deterioração são incomuns e podem ser evitadas com uma correta higienização durante a colheita, vinificação e maturação (BARTOWSKY, 2008).

3.4 Leveduras

As leveduras são divididas em dois grandes grupos: leveduras não-*Saccharomyces*, que não pertencem ao gênero *Saccharomyces*, e leveduras do gênero *Saccharomyces*. Elas

estão presentes naturalmente nas uvas e, conseqüentemente, no mosto da fruta, sendo chamadas de leveduras selvagens ou indígenas. Na fermentação do vinho, características de tolerância específicas nas leveduras são necessárias, como ao baixo pH, aos altos níveis de açúcar e enxofre, aos baixos níveis de oxigênio e às altas concentrações de etanol. Nesse cenário, em vinhos onde é realizado o inóculo, *Saccharomyces cerevisiae* é a levedura mais utilizada, uma que vez que é a que melhor se adapta a fermentação, sendo comumente referida como “a levedura do vinho” (ESTELA-ESCALANTE, 2019; BORREN & TIAN, 2021). Em vinhos naturais, apesar da presença de outras espécies, a dominância de *S. cerevisiae* na fermentação é esperada e desejada. No entanto, as leveduras indígenas não-*Saccharomyces*, já presentes no mosto, e muitas vezes em maior número do que *S. cerevisiae*, são adaptados ao ambiente específico e estão em crescimento ativo, o que lhes dá uma vantagem competitiva (JOLLY *et al.*, 2014).

Leveduras não-*Saccharomyces* incluem espécies dos gêneros *Hanseniaspora*, *Torulaspota*, *Candida* e *Pichia* (LE JEUNE *et al.*, 2006; BAGHERI *et al.*, 2015; LAPPA *et al.*, 2020). Elas predominam na fase inicial da fermentação espontânea até atingir teor de etanol de 4-5 % v/v, tendo seu crescimento inibido devido ao etanol e ao esgotamento do oxigênio dissolvido. Enquanto as leveduras do gênero *Saccharomyces*, principalmente *S. cerevisiae*, são mais tolerantes ao etanol e predominam nas outras fases da fermentação, completando o processo (BAGHERI *et al.*, 2015; ESTELA-ESCALANTE, 2019).

Apesar de apresentarem menor poder de fermentação e baixa produção de etanol em relação à *S. cerevisiae*, algumas leveduras não-*Saccharomyces* sobrevivem à fermentação e contribuem positivamente para a qualidade sensorial dos vinhos, uma vez que são responsáveis pela produção de compostos importantes para o aroma da bebida, como ésteres, álcoois superiores, terpenóides e ácidos graxos (JOLLY *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2016; ESTELA-ESCALANTE, 2019; BORREN & TIAN, 2021).

No entanto, algumas leveduras não-*Saccharomyces* são deteriorantes, ou seja, causam alterações indesejáveis no vinho, prejudicando a qualidade da bebida. A mais notória delas é a *Brettanomyces bruxellensis* que produz os fenóis voláteis 4-etilfenol e 4-etilguaicol que conferem aromas desagradáveis aos vinhos, caracterizados como “estábulo”, “suor de cavalo”, “couro animal” e “remédio”. Essa levedura pode ser encontrada em barris de carvalho usados durante a vinificação. Além da *B. bruxellensis*, *Zygosaccharomyces baillii* também é problemática em vinhos, sendo responsável pela formação de sedimentos, turbidez em vinhos secos e refermentação em vinhos doces. Devido à natureza visual da deterioração, sua ocorrência é mais preocupante em vinhos brancos. A *Z. baillii* está presente em uvas danificadas pela podridão ácida. Outra alteração indesejável causada por não-*Saccharomyces* consiste na formação de películas/filmes na superfície do vinho, principalmente por espécies dos gêneros *Candida* e *Pichia* (HERNÁNDEZ *et al.*, 2018; ESTELA-ESCALANTE, 2019; MALFEITO-FERREIRA, 2019).

Por fim, grande parte dos defensores do vinho natural rejeitam a prática de inocular

o mosto de uva com leveduras cultivadas selecionadas para evitar o risco de fermentação parada e sabores estranhos ou para produzir vinho de acordo com especificações e estilos pré-determinados. Segundo estes defensores, essas são marcas dos produtos industriais e não do vinho natural. No entanto, compreendendo a dinâmica da fermentação, os viticultores podem utilizar leveduras selvagens de uma maneira cientificamente controlada para criar estilos de vinho com aromas e sabores que correspondem às expectativas dos consumidores (JOLLY *et al.*, 2014).

3.5 Segurança e estabilidade microbiológica de vinhos naturais

O vinho é reconhecido há muito tempo por sua história de segurança e ausência de microrganismos patogênicos devido à fermentação. No entanto, há alguma preocupação em relação à segurança dos vinhos orgânicos, considerando a proibição do uso de pesticidas e potencial introdução de doenças transmitidas por alimentos. Por outro lado, há o entendimento de que devido a menores aplicações de nitrogênio e proibição do uso de pesticidas, a segurança é considerada maior em alimentos orgânicos em relação aos parâmetros metabólicos e de saúde ao longo prazo (MAYKISH *et al.*, 2021). Porém, ainda assim é possível encontrar microrganismos capazes de sintetizar metabólitos tóxicos, como micotoxinas, carbonato de etila e aminas biogênicas. Assim, esses contaminantes podem reduzir a segurança dos vinhos naturais. No entanto, a vinificação moderna, onde são utilizados aditivos enológicos, é considerada uma faca de dois gumes. Embora, por um lado pode promover uma vinificação mais segura, fácil e estável, por outro lado promove o desenvolvimento da homogeneização do vinho ao custo da individualidade (WEI *et al.*, 2022).

Além disso, a estabilidade microbiológica do vinho é fundamental para preservar a sua qualidade, podendo ser alcançada através da utilização de conservantes químicos e/ou tratamentos físicos, destinados a matar os microrganismos ou pelo menos inibir a sua proliferação. O dióxido de enxofre (SO₂) é um dos aditivos mais utilizados na indústria alimentícia graças às suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes, e a filtração é o método físico mais comum e eficaz na remoção de microrganismos do vinho. No entanto, os vinhos naturais são produzidos sem o uso de aditivos (ou com concentrações muito baixas) e a maioria não é filtrada (WEI *et al.*, 2022).

Nos últimos anos, várias tecnologias emergentes, como ultrassom, irradiação ultravioleta (UV), alta pressão hidrostática (HHP), campo elétrico pulsado (PEF) e micro-ondas, têm sido usadas para estudar a remoção de microrganismos indesejados no vinho (PINTO *et al.*, 2020). Em comparação aos aditivos químicos, o uso desses métodos físicos pode atender melhor à exigência de redução de insumos químicos no vinho. Além disso, a utilização de gases inertes de alta qualidade, como argônio, nitrogênio (N₂) e dióxido de carbono (CO₂), também é uma excelente ferramenta para reduzir ou eliminar o uso de SO₂. A manipulação dos vinhos após a vinificação e durante o engarrafamento e a purgação dos

equipamentos com esses gases pode ajudar na prevenção da oxidação e na melhora da estabilidade microbiológica (CARRAU et al., 2020). Portanto, um dos caminhos para garantir a estabilidade microbiológica do vinho natural e sua segurança, é necessário assegurar a saúde das uvas e a higiene da adega, eliminando todas as possíveis fontes de contaminação.

4 CONCLUSÃO

O vinho natural parece ser uma tendência emergente e em rápido crescimento que veio para ficar, influenciada principalmente pela mudança de comportamento dos consumidores que têm tomado decisões de compra com base na influência que estes produtos têm no ambiente. No entanto, ainda não existe uma definição específica e regulamentada de vinho natural.

Por conta da redução do potencial dos microrganismos para contribuir para o *terroir* das bebidas, os defensores do vinho natural questionam a utilização de inóculos cultivados em laboratório e a fermentação dos vinhos naturais ocorre de forma espontânea, com os microrganismos presentes na matéria-prima e no ambiente de produção.

Geralmente, alguns dos microrganismos encontrados em vinhos naturais não são aceitos pelos produtores de vinhos tradicionais e embora a fermentação espontânea dos vinhos naturais abra espaço para maiores riscos de deterioração, esses produtos podem apresentar características sensoriais mais complexas e interessantes. Todavia, por se tratar de uma fermentação em consórcio com diversas espécies de microrganismos atuando, mais estudos sobre a complexa dinâmica da fermentação de vinhos naturais devem ser realizados. Além disso, ainda assim é possível encontrar microrganismos capazes de sintetizar metabólitos tóxicos, como micotoxinas, carbonato de etila e aminas biogênicas. Assim, esses contaminantes podem reduzir a segurança dos vinhos naturais.

No contexto apresentado, o surgimento de novas tecnologias emergentes possibilita a remoção de microrganismos indesejáveis no vinho e permite uma melhora na estabilidade microbiológica dos produtos, atendendo às exigências de redução de insumos químicos. Porém, mais testes são necessários para validar as aplicações dessas tecnologias e seu impacto no resultado dos produtos.

Por fim, conhecer os microrganismos presentes nos vinhos naturais e suas necessidades específicas, pode auxiliar a produzir bebidas inovadoras que incorporem princípios de sustentabilidade, seguras e que possuam características sensoriais mais agradáveis para os consumidores.

REFERÊNCIAS

BAGHERI, B.; BAUER, F. F.; SETATI, M. E. The Diversity and Dynamics of Indigenous Yeast Communities in Grape Must from Vineyards Employing Different Agronomic Practices and their Influence on Wine Fermentation. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 36, n. 2, p. 243-251, 2015.

BARTOWSKY, E.J. Bacterial spoilage of wine and approaches to minimize it. **Letters in Applied Microbiology**, v. 48, p. 149-156, 2009.

BORREN, E.; TIAN, B. The Important Contribution of Non-*Saccharomyces* Yeasts to the Aroma Complexity of Wine: A Review. **Foods**, v. 10, n. 1, p. 13, 2021.

CAMPANIELLO, D.; SINIGAGLIA, M. **The Microbiological Quality of Food**. Cambridge: Woodhead Publishing, p. 237-255, 2017.

CARRAU, F.; BOIDO, E.; RAMEY, D. Yeasts for low input winemaking: Microbial terroir and flavor differentiation. **Advances in Applied Microbiology**, v. 111, p. 89-121, 2020.

COSME, F.; FILIPE-RIBEIRO, L.; NUNES, F.M. **Chemistry and Biochemistry of Winemaking, Wine Stabilization and Aging**. London: IntechOpen, 2021.

ESTELA-ESCALANTE, W. **Perspectives and Uses of Non-Saccharomyces Yeasts in Fermented Beverages**. Cambridge: IntechOpen, 2018.

GIACOMARRA, M.; GALATI, A.; CRESCIMANNO, M.; TINERVIA, S. The integration of quality and safety concerns in the wine industry: the role of third-party voluntary certifications. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, n. 1, p. 267-274, 2016.

GOODE, J.; HARROP, S. **Authentic Wine Toward Natural and Sustainable Winemaking**. Berkeley: University of California Press, 2011.

GONZÁLEZ, P. A.; DANS, E.P. The 'terroirist' social movement: The reawakening of wine culture in Spain. **Journal of Rural Studies**, v. 61, p. 184-196, 2018.

GONZÁLEZ, P.A.; DANS, E.P. Natural wine: Do consumers know what it is, and how natural it really is?. **Journal of Cleaner Production**, v. 251, 2020.

HENDGEN, M.; HOPPE, B.; DÖRING, J.; FRIEDEL, M.; KAUER, R.; FRISCH, M.; DAHL, A.; KELLNER, H. Effects of different management regimes on microbial biodiversity in vineyard soils. **Scientific Reports**, v. 8, p. 9393, 2018.

HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ-NEVADO, F.; RUIZ-MOYANO, S.; SERRADILLA, M.J.; VILLALOBOS, M.C.; MARTÍN, A.; CÓRDOBA, M.G. Spoilage yeasts: What are the sources of contamination of foods and beverages? **International Journal of Food Microbiology**, v. 286, p. 98-110, 2018.

IARC – International Agency for Research on Cancer. Personal Habits and Indoor Combustions – Volume 100E A review of human carcinogens. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. 2012. Disponível em: <https://publications.iarc.fr/122>. Acesso em: 09/04/2023.

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.

LAPPA, I. K.; KACHRIMANIDOU, V.; PATERAKI, C.; KOULOGLIOTIS, D.; ERIOTOU, E.; KOPSAHELIS, N. Indigenous yeasts: emerging trends and challenges in winemaking. **Current Opinion in Food Science**, v. 32, p.133-143, 2020.

LE JEUNE, C.; ERNY, C.; DEMUYTER, C.; LOLLIER, M. Evolution of the population of *Saccharomyces cerevisiae* from grape to wine in a spontaneous fermentation. **Food Microbiology**, v. 23, n. 8, p. 709-716, 2006.

LIU, P.T.; LU, L.; DUAN, C.Q.; YAN, G.L. The contribution of indigenous non-*Saccharomyces* wine yeast to improved aromatic quality of Cabernet Sauvignon wines by spontaneous fermentation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 71, p. 356-363, 2016.

MALFEITO-FERREIRA, M. **Red Wine Technology**. Cambridge: Academic Press, 2019.

MARSHALL, R.S.; CORDANO, M.; SILVERMAN, M. Exploring individual and institutional drivers of proactive environmentalism in the US wine industry. **Business Strategy and the Environment**, v. 14, n. 2, p. :92-109, 2005.

MAYKISH, A.; REX, R.; SIKALIDIS, A. Organic Winemaking and Its Subsets; Biodynamic, Natural, and Clean Wine in California. **Foods**, v. 10, n. 1, p. 127, 2021.

MIGLIORE, G.; SCHIFANI, G.; ROMEO, P.; HASHEM, S.; CEMBALO, L. Are farmers in alternative food networks social entrepreneurs? Evidence from a behavioral approach. **Journal of Agriculture and Environmental Ethics**, v. 28, n. 5, p. 885-902, 2015.

MOULTON, K.; ZWANE, A.P. Managing environmental risks through private sector cooperation: theory, experience and a case study of the California code of sustainable winegrowing practices. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 8, n. 4, p. 77-90, 2005.

PINTO, L.; BARUZZI, F.; COCOLIN, L.; MALFEITO-FERREIRA, M. Emerging technologies to control *Brettanomyces* spp. in wine: Recent advances and future trends. **Trends in Food Science & Technology**, v. 99, p. 88-100, 2020.

PUCKETTE, M. What Really Is Natural Wine?. **Wine Folly**. Disponível em: <https://winefolly.com/deep-dive/really-natural-wine/>. Acesso em: 11/05/2022.

SCHIMMENTI, E.; MIGLIORE, G.; DI FRANCO, C.P.; BORSELLINO, V. Is there sustainable entrepreneurship in the wine industry? Exploring Sicilian wineries participating in the SOSustain program. **Wine Economics and Policy**, v. 5, n. 1, p. 14-23, 2016.

SHERIDAN, M.K.; ELIAS, R.J. Exogenous acetaldehyde as a tool for modulating wine color and astringency during fermentation. **Food Chemistry**, v. 177, p. 17-22, 2015.

UPSCAPE. The Green Guide to Wine: Organic vs. Biodynamic vs. Natural. Disponível em: <https://upscapetravel.com/blog/green-guide-wine/>. Acesso em: 11/05/2022.

VIJAYRAGHAVAN, S.; PORCHER, L.; MIECZKOWSKI, P.A.; SAINI, N. Acetaldehyde makes a distinct mutation signature in single-stranded DNA. **Nucleic Acids Research**, v. 50, n. 13, p. 7451-7464, 2022.

WEI, R.; WANG, L.; DING, Y.; ZHANG, L.; GAO, F.; CHEN, N.; SONG, Y.; LI, H.; WANG, H. Natural and sustainable wine: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-12, 2022.