



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Curso de Graduação Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia

MARIA ANGÉLICA VELLOSO

Aplicação da Biotecnologia em Bebidas Fermentadas

Araraquara, SP

2023

MARIA ANGÉLICA VELLOSO

Aplicação da Biotecnologia em Bebidas Fermentadas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Engenheira de Bioprocessos e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro de Baptista Neto

Araraquara, SP

2023

V441a Velloso, Maria Angélica.
Aplicação da Biotecnologia em Bebidas Fermentadas / Maria Angélica Velloso. – Araraquara, 2023.
46 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) – Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Área de Bioprocessos e Biotecnologia.

Orientador: Álvaro de Baptista Neto.

1. Bebidas. 2. Fermentação. 3. Biotecnologia. I. Baptista Neto, Álvaro, orient. II. Título.

Ficha de Avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso

Aluno(a): **Maria Angélica Velloso**

Ano de Curso: (X) 5º integral - Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia

Banca Examinadora - Fatores de Avaliação

1. PLANEJAMENTO Qualidade do projeto de TCC, cumprimento das exigências e grau de dificuldade do plano.		
2. QUALIDADE VERIFICADA DO TRABALHO ESCRITO Conteúdo, organização, forma, consistência técnica, Referências Bibliográficas, objetividade, criatividade e funcionalidade das propostas.		
3. APRESENTAÇÃO E DEFESA ORAL Qualidade, organização do raciocínio, consistência técnica, capacidade de argumentação e compatibilidade dos recursos utilizados na apresentação.		
CONCEITO	<input checked="" type="checkbox"/> APROVADO	<input type="checkbox"/> REPROVADO
Observação (Em caso de alteração do título, favor redigir com letra legível):		

Atestamos que o(a) aluno(a) matriculado(a) no curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, cumpriu o Trabalho de Conclusão de Curso - TCC, conforme Portaria D.FCF/CAR nº 55/2017, e obteve avaliação da Banca Examinadora conforme conceito indicado acima.

Assinaturas:



Documento assinado digitalmente
ALVARO DE BAPTISTA NETO
 Data: 18/12/2023 08:55:35-0300
 Verifique em <https://validar.jb.gov.br>

Orientador

p/ **Membro da Banca**

p/ **Membro da Banca**

DESPACHO CCG/FB-CAR nº _____
 Homologado pelo Conselho de Curso de
 Graduação em sessão de ____/____/____

Profa. Dra. **VALÉRIA DE CARVALHO SANTOS EBINUMA**
 Coordenadora do Curso de Graduação

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a minha jornada acadêmica.

À minha família, pelo amor incondicional, apoio constante e sacrifícios que fizeram para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado, me incentivaram e compreenderam a minha ausência durante esse processo.

Aos meus professores, que compartilharam seu conhecimento e sabedoria, desafiaram meu pensamento e me ajudaram a crescer como estudante e como pessoa.

E, por fim, a mim mesmo, por nunca ter desistido, por superar desafios e por acreditar no meu potencial.

Este trabalho é dedicado a todos vocês, e é o resultado do esforço coletivo e do apoio que recebi ao longo desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Aproveito esta oportunidade para expressar a minha gratidão a todos que tornaram possível o trabalho deste curso.

Em primeiro lugar, foi Deus quem me permitiu alcançar meus objetivos através de tantos anos de estudo.

Quero agradecer ao meu orientador, Álvaro de Baptista Neto por sua orientação, paciência, e conhecimentos valiosos. Suas sugestões e insights foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também aos meus professores e a toda a equipe do curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia pela dedicação e pelo compartilhamento do conhecimento ao longo destes anos. Cada aula, cada discussão e cada desafio contribuíram para o meu crescimento acadêmico.

À minha família, em especial aos meus pais e avó, que sempre acreditaram em mim, apoiaram minhas escolhas e foram fonte de inspiração, meu mais profundo agradecimento. Vocês são a base de todo o meu sucesso.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado durante os momentos de estudo intenso e nos momentos de descontração, agradeço por tornarem essa jornada acadêmica mais leve e significativa.

Ao meu namorado que me acompanhou durante todo o processo e me incentivou nos momentos mais difíceis.

Não posso deixar de mencionar a Universidade Estadual Paulista por fornecer os recursos e o ambiente propício para a pesquisa e aprendizado.

Por fim, dedico um agradecimento especial a todas as fontes, autores e pesquisadores cujo trabalho foi citado e referenciado neste TCC. Suas contribuições são inestimáveis.

RESUMO

O presente trabalho aborda a aplicação da biotecnologia nas bebidas fermentadas, com foco nas bebidas emblemáticas: vinho, cerveja e kombucha. Inicialmente, a introdução apresenta a importância do tema, destacando a relevância da biotecnologia na otimização da produção e qualidade dessas bebidas. A revisão bibliográfica contextualiza o estudo, traçando a evolução histórica das bebidas fermentadas e da biotecnologia. Além disso, são detalhados os processos de produção de vinho, cerveja e kombucha, destacando as etapas críticas em que a biotecnologia desempenha um papel crucial na fermentação, controle de qualidade e inovação. A análise das patentes revela avanços recentes e perspectivas promissoras na aplicação da biotecnologia, demonstrando como a pesquisa está conectada com a inovação no campo das bebidas fermentadas. Em síntese, este trabalho oferece uma visão abrangente da interação entre a biotecnologia e as bebidas fermentadas, evidenciando sua relevância histórica e atual, bem como seu potencial para moldar o futuro dessa indústria.

Palavras-chave: bebidas, fermentação, biotecnologia.

ABSTRACT

This paper addresses the application of biotechnology in fermented beverages, focusing on the emblematic drinks: wine, beer, and kombucha. Initially, the introduction presents the importance of the topic, highlighting the relevance of biotechnology in optimizing the production and quality of these beverages. The literature review contextualizes the study, tracing the historical evolution of fermented beverages and biotechnology. In addition, it details the production processes of wine, beer, and kombucha, highlighting the critical stages where biotechnology plays a crucial role in fermentation, quality control, and innovation. The patent analysis reveals recent advances and promising prospects in the application of biotechnology, demonstrating how research is connected with innovation in the field of fermented beverages. In summary, this work offers a comprehensive view of the interaction between biotechnology and fermented beverages, highlighting its historical and current relevance, as well as its potential to shape the future of this industry.

Keywords: beverages, fermentation, biotechnology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Operações realizadas para a elaboração de vinho tinto.....	19
Figura 2 - Máquina desengaçadeira – esmagadeira para separar a ráquis e esmagar a uva.....	21
Figura 3 - Equação de Gay- Lussac	21
Figura 4 - Sequência de reações para formação de etanol e glicerol, conduzida por <i>Saccharomyces</i>	22
Figura 5 - Reação de descarboxilação do ácido málico.....	25
Figura 6 - Processo produtivo da kombucha tradicional.	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 História das bebidas fermentadas	12
2.2 História da biotecnologia em bebidas fermentadas.....	13
2.3 Vinho	15
2.3.1 História do vinho.....	15
2.3.2. Principais tipos de vinho.....	16
2.3.3 Classificação dos vinhos quanto ao teor de açúcar.....	16
2.3.4 Classificação dos vinhos quanto à cor	17
2.3.5 Classificação dos vinhos quanto à classe.	17
2.3.6 Etapas da produção do vinho.....	18
2.3.6.1 Qualidade da uva e a colheita.....	19
2.3.6.2 Separação da ráquis e esmagamento	20
2.3.6.3 Fermentação alcoólica	21
2.3.6.4 Maceração	24
2.3.6.5 Fermentação malolática.....	24
2.3.6.6 Estabilização do vinho	25
2.3.6.7 Envelhecimento do vinho	26
2.3.6. 8 Engarrafamento	26
2.4 Cerveja	26
2.4.1 Classificação da cerveja.....	27
2.4.2 Etapas da produção da cerveja.....	27
2.4.2.1 Maltagem	28
2.4.2.2 Moagem.....	29
2.4.2.3 Mosturação	29
2.4.2.4 Processamento de mosto	30

2.4.2.5 Fermentação.....	30
2.4.2.6 Maturação.....	31
2.4.2.7 Acabamento.....	31
2.5 Kombucha.....	31
2.5.1 Processo produtivo da kombucha	32
2.5.2 Fermentação Primária	33
2.5.3 Fermentação Secundária	34
2.5.4 Parâmetros importantes da fermentação e sua manutenção	34
2.5.4.1 Tempo de fermentação	34
2.5.4.2 Temperatura de fermentação.....	35
2.5.4.3 Materiais ideais para a fermentação	35
2.5.4.4 pH da fermentação	35
2.6 Inovações Biotecnológicas na Produção de Bebidas Fermentadas	36
4 CONCLUSÃO.....	38
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

A fermentação representa uma das técnicas mais ancestrais e difundidas no contexto da conservação de alimentos e produção de bebidas. Essa prática repousa sobre a atividade biológica de microrganismos, cuja ação promove alterações sensoriais, ao mesmo tempo em que amplia sua durabilidade (LA PEÑA; MIRANDA-MEJÍA; MARTÍN-BELLOSO, 2023). Dentre os processos fermentativos destaca-se a produção de bebidas, uma prática antiga que remonta a milhares de anos. As bebidas fermentadas são produzidas em todo o mundo, utilizando técnicas tradicionais ou modernas, elas são classificadas em alcoólicas como a cerveja e o vinho e as não alcoólicas, como a kombucha. Assim, para sua produção são empregados microrganismos, como leveduras e bactérias, que convertem açúcares em álcool e dióxido de carbono (FELBERG, 2013).

Essas bebidas são produzidas em todo o mundo e são apreciadas por sua diversidade de sabores e aromas, bem como pelos efeitos que causam ao organismo quando consumidas em quantidades moderadas (BÖHMER, 2020).

Por exemplo, o consumo de kombucha pode auxiliar na redução do nível de colesterol, da pressão arterial e de problemas inflamatórios (COELHO *et al*, 2020). Já a ingestão moderada de vinho pode ajudar a reduzir o risco de doenças cardiovasculares, por exemplo, infarto do miocárdio e o acidente vascular cerebral (AVC). Isso se deve aos polifenóis presentes no vinho, que possuem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (GUERRA; SILVA, 2022).

Apesar de a cerveja não gerar benefícios à saúde, a cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no Brasil, correspondendo a aproximadamente 62% do mercado de bebidas alcoólicas. No entanto, a produção de cerveja apresenta inúmeras vantagens econômicas, culturais e sociais. Por exemplo, do ponto de vista econômico a indústria da cerveja contribui significativamente para o emprego e o crescimento econômico que abrange a cadeia de fornecimento. Já culturalmente, a cerveja desempenha um papel importante nas tradições e festas que promovem a convivência social. (SILVEIRA *et al.*, 2021).

Atualmente, as indústrias de bebidas concentram-se de maneira contínua na aplicação de avanços biotecnológicos para aprimorar os processos de produção e

processamento de bebidas. Esses avanços visam melhorar a qualidade geral, características nutricionais e funcionais, agregar valor, garantir embalagens assépticas ou estéreis e prolongar a vida útil dos produtos. A implementação prática de conceitos biotecnológicos na indústria de bebidas tem auxiliado na otimização dos processos de fermentação, aprimorar cepas de microrganismos, utilizar enzimas recombinantes, aplicar técnicas de engenharia genética, entre outros. Esses avanços resultam em substancial aumento na eficiência da produção industrial, ao mesmo tempo em que melhoram os atributos de segurança e qualidade das bebidas fermentadas (MALAKAR; PAUL; POU, 2020).

A biotecnologia, uma disciplina vasta, é caracterizada por diversas definições, cuja variação está associada às suas aplicações específicas. Em termos gerais, a biotecnologia compreende um domínio que emprega sistemas biológicos ou organismos vivos para a produção de produtos e o desenvolvimento de processos, abrangendo aplicações nos setores industrial, agrícola e tecnológico (KHAN, 2011).

Os processos biotecnológicos, podem ser executados em duas escalas: em pequena escala, que é executada em laboratórios, ou em larga escala, que é realizada em instalações industriais. Nos processos industriais, visando obter produtos de alta qualidade, é crucial projetar um ambiente de processo que atenda às necessidades específicas do biocatalisador. Para isso deve-se controlar os parâmetros de temperatura, pH, concentração de nutrientes e taxa de aeração, sendo uma tarefa complexa e pode levar a perdas no processo se não for executada de maneira adequada (BIGGS *et al.*, 2021).

Portanto esse trabalho irá abordar a utilização dos recursos biotecnológicos para a produção das bebidas fermentadas mencionadas acima.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História das bebidas fermentadas

Acredita-se que bebidas fermentadas tenham tido sua origem em tempos pré-históricos, e embora os detalhes precisos da sua origem permaneçam desconhecidos, é estabelecido que a produção de bebidas alcoólicas por meio de fermentação é uma técnica ancestral. Estas bebidas podem ser obtidas a partir de uma diversidade de matérias-primas que contenham carboidratos fermentáveis, pois

os principais componentes requeridos para a sua produção compreendem açúcares e a presença de microrganismos (RASMUSSEN, 2016).

As regiões da Ásia, África, Europa, Oriente Médio e América do Sul utilizavam a fermentação de leite, cereais e outros substratos para a produção de bebidas com propriedades promotoras da saúde. Acredita-se que essa técnica tenha sido praticada desde a antiguidade, com evidências de que os povos chineses já fermentavam arroz, mel e bebidas de frutas por volta de 7000 aC. Além disso, a fabricação de kombucha, uma bebida fermentada à base de chá, foi registrada pela primeira vez aproximadamente em 220 aC. A fermentação é uma prática amplamente utilizada na produção de bebidas em diferentes regiões do mundo, nas quais são associadas a potenciais benefícios à saúde (MARSH *et al*, 2014).

Além disso, ao longo do tempo, a produção de bebidas fermentadas desempenhou um papel importante no progresso da agricultura, horticultura e processamento de alimentos. Dentre as bebidas fermentadas mais populares encontram-se a cidra de maçã, o saquê de arroz, o hidromel de mel e o vinho de uvas, que são apreciadas em diferentes culturas e regiões do mundo. Devido aos benefícios dessas bebidas, técnicas biotecnológicas modernas estão sendo empregadas para o desenvolvimento de bebidas fermentadas funcionais, que possam apresentar ainda mais benefícios para a saúde e bem-estar humano (RASMUSSEN, 2016).

2.2 História da biotecnologia em bebidas fermentadas

Atualmente, a biotecnologia tem recebido destaque devido às suas possibilidades ilimitadas em relação aos benefícios que pode trazer à humanidade. Por meio da biotecnologia, materiais biológicos são utilizados como matéria-prima para a criação de novos produtos com aplicações agrícolas, farmacêuticas, médicas e ambientais.

No período anterior a 1800, a maioria dos avanços e descobertas ocorreu por meio da observação da natureza e testes empíricos visando aprimorar a qualidade de vida humana. Com o avanço da exploração e observação, foram descobertos produtos como queijo e iogurte, que utilizam a biotecnologia por meio da adição de enzimas e bactérias lácteas para a produção. A levedura exemplifica um tipo de microrganismo empregado na produção de pães, bebidas alcoólicas e diversos

outros produtos fermentados. O vinagre, que tem um pH baixo, é utilizado para conservar alimentos, pois impede o crescimento de certos microrganismos. Embora as pessoas naquela época não entendessem a bioquímica por trás desses processos, a fermentação permitiu melhorar suas condições de vida e incentivou o desenvolvimento contínuo dessas técnicas (VERMA *et al.*, 2011).

Durante o período de 1870-1914, houve a segunda revolução industrial que se caracterizou pelo surgimento da pesquisa e desenvolvimento formal, além da aplicação da ciência em novas indústrias. O desenvolvimento da indústria química é amplamente considerado como um exemplo desse avanço. Entretanto, é possível citar com maior frequência o desenvolvimento das indústrias microbiológicas. A “teoria dos germes” articulada por Pasteur permitiu a formulação de uma teoria para a fabricação de cerveja e demais processos fermentativos. Na Europa, as implicações dessa teoria foram exploradas e os negócios tradicionais, como cerveja, vinho e queijo, passaram a ser submetidos à ciência aplicada (BUD,2003).

Em 1919, o engenheiro agrícola húngaro Károly Ereky criou o termo "biotecnologia" (PRASAD; MUZAFFAR, 2018). Ao longo das décadas de 1960 e 1970, a biotecnologia teve avanços, marcados pela produção de produtos através da fermentação, como aminoácidos e enzimas industriais. A introdução da engenharia genética na década de 1970 deu origem à indústria de biotecnologia, especialmente na produção de proteínas farmacêuticas por fermentação. A revolução genômica dos anos 2000 proporcionou uma compreensão aprimorada das redes metabólicas e fisiologia microbianas, permitindo o desenvolvimento de modelos matemáticos genômicos e, subsequentemente, o refinamento desses modelos para previsões mais precisas. Paralelamente, avanços em engenharia genética e genômica deram origem à engenharia metabólica e biologia sintética. Esses progressos culminaram na criação de fábricas celulares utilizadas atualmente para a produção de uma ampla gama de produtos, demonstrando o impacto substancial da biotecnologia nas aplicações industriais (NIELSEN; TILLEGREEN; PETRANOVIC, 2022).

Em resumo, a história da biotecnologia em bebidas fermentadas é rica e diversa, e tem sido fundamental para a produção de bebidas de qualidade elevada e consistência. A compreensão e o controle dos microrganismos envolvidos na

fermentação são essenciais para garantir a qualidade e a consistência das bebidas produzidas.

2.3 Vinho

Por definição, o vinho é a bebida resultante da fermentação alcoólica do mosto simples de uvas saudáveis, frescas e maduras (BRASIL,1988). A Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV) estipulou que o vinho deve apresentar teor mínimo de álcool de 8,5% (v/v) (PAOLINI; TONIDANDEL; LARCHER, 2022). O vinho está entre uma das bebidas fermentadas mais antigas e possui um alto valor cultural, uma vez que sua identidade está relacionada com o clima, solo e população da região produtora.

2.3.1 História do vinho

A descoberta do vinho é frequentemente correlacionada com o processo de domesticação da videira. Contudo, a localização e a temporalidade precisas do início deste processo ainda permanecem em grande parte desconhecidas, assim como a ocorrência de eventos independentes. A obtenção de uma maior quantidade de açúcar nos frutos das videiras é resultante de modificações biológicas, o que permitiu um aprimoramento da fermentação e uma maior produção de vinho, com maior regularidade.

A vitivinicultura teve suas origens no Oriente Médio, onde as primeiras evidências de produção de vinho datam por volta de 7000 a 7400 a.C. Além disso data-se que em cerca de 8000 anos sementes de videiras domesticadas foram encontradas na Geórgia e Turquia. Depois desses locais, a prática expandiu para regiões vizinhas como Egito e Mesopotâmia. Os registros arqueológicos dataram que durante o período Neolítico teve a existência de vinicultura e produção de vinho no Egito. Comunidades permanentes forneceram uma base estável para o desenvolvimento de técnicas de processamento e produção de alimentos, incluindo o vinho. A invenção dos vasos de cerâmica permitiu o armazenamento de vinho e foi um marco no desenvolvimento da produção de vinho. A religião teve um destaque na criação e disseminação da vitivinicultura antiga, associando o vinho a divindades como Osíris, Dionísio, Baco e Siduri (LEÃO,2010)

Durante os séculos I e II, a vitivinicultura atingiu o seu apogeu no Império Romano. Entretanto, com a queda do Império Romano, a Europa entrou em uma crise econômica, resultando na regressão da vitivinicultura. A cultura só foi restabelecida a partir do século V, graças ao fortalecimento da Igreja Católica. Desde então, a vitivinicultura se expandiu por diversos países, juntamente com a produção de vinhos que possuem diferentes tipos e processos de produção para obter um vinho de qualidade, atendendo as preferências do público de cada região.

2.3.2. Principais tipos de vinho

A diversidade de tipos de vinhos é bastante ampla e envolve características como teor de açúcar, cor e classe. Existem classificações específicas que ajudam a compreender melhor as diferenças entre eles. A classificação quanto ao teor de açúcar divide os vinhos em seco, semi-seco e suave, sendo o primeiro com teor de açúcar mais baixo e o último com teor mais elevado. Já a classificação quanto à cor divide os vinhos em tinto, branco e rosado, dependendo da cor da uva utilizada e do processo de vinificação. Por fim, a classificação quanto à classe divide os vinhos em mesa, fino, leve, frisante, espumante, gaseificado, licoroso e composto, levando em conta características específicas de cada tipo de vinho, como método de produção, sabor, aroma e teor de açúcar (BRASIL,2014). Portanto, as classificações serão descritas brevemente a seguir.

2.3.3 Classificação dos vinhos quanto ao teor de açúcar

O teor de açúcar na composição do vinho é umas das classificações adotadas. Após a fermentação do mosto é realizado a análise do açúcar residual para verificar a quantidade presente e assim ser determinada a classificação adequada. O vinho pode ser classificado em quatro tipos, sendo eles: seco, meio seco, suave e doce (BRASIL, 2014).

Os vinhos secos são aqueles com até 4 g de açúcar residual por litro. Já os vinhos meio secos possuem entre 4 e 25 g de açúcar por litro. Os vinhos suaves apresentam teor de açúcar residual entre 25 e 80 g por litro, enquanto os vinhos doces possuem mais de 80 g de açúcar por litro.

É importante ressaltar que o teor de açúcar de um vinho não está relacionado apenas ao seu sabor adocicado, mas também à sua acidez e ao seu corpo. Um

vinho seco, por exemplo, pode ser bastante encorpado e apresentar elevada acidez, enquanto um vinho suave pode ter corpo mais leve e acidez mais baixa.

2.3.4 Classificação dos vinhos quanto à cor

Outra classificação adotada para os vinhos é em relação a cor, sendo elas: tinto, rosado e branco. Os vinhos tintos apresentam tonalidade escura, podendo ocorrer variações e sua obtenção se dá através do contato entre as partes sólidas e líquidas após a retida das cascas das uvas tintas. Já os vinhos rosados possuem tonalidades que variam de vermelho até rosa e sua elaboração é realizada a partir de uvas tintas com o período de contato reduzido do líquido com as partes sólidas. Por fim, os vinhos brancos possuem tonalidades que variam do amarelo esverdeado ao amarelo palha e são elaborados a partir de uvas brancas ou até mesmo a partir de um processo especial das uvas tintas. (BRASIL, 2014).

2.3.5 Classificação dos vinhos quanto à classe.

O autor Brunch (2012) enfatiza que, em conformidade com a Lei nº 7.678, datada de 8 de novembro de 1988, os vinhos podem ser categorizados de acordo com as seguintes classificações: vinhos de mesa, vinhos finos, vinhos leves, vinhos frisantes, vinhos espumantes, vinhos gaseificados, vinhos licorosos e vinhos compostos. Estas categorias são determinadas com base nos seguintes critérios:

- Vinho de mesa: O teor alcoólico pode variar de 8,6% a 14% em volume, além de poder conter até uma atmosfera de pressão a 20°C
- Vinho fino: O teor alcoólico pode variar de 7% a 14% em volume e possui pressão mínima de 1,1 a 2,0 atm. Além disso, pode passar por um processo de gaseificação.
- Vinho leve: O teor alcoólico pode variar de 8,6% a 14% em volume, e é feito exclusivamente a partir de uvas da espécie *Vitis vinífera*, exceto pela variedade Criolla Grande e Cereja. Para produzi-lo, são utilizados processos tecnológicos apropriados que assegurem que as suas qualidades sensoriais sejam otimizadas.
- Vinho fricante: Trata-se de um vinho cujo teor alcoólico varia entre 7,0% e 8,5% em volume, o qual é obtido mediante o processo de fermentação dos

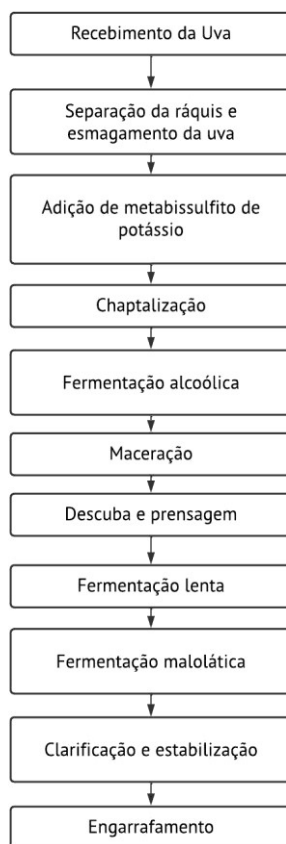
açúcares naturais presentes nas uvas. Esse tipo de vinho é produzido durante a colheita na região de cultivo da uva.

- Vinho espumante: Possuem dióxido de carbono natural, sendo produto da fermentação realizada nos recipientes fechados que foram submetidos a condições de pressão de 4 atm e temperatura de 20°C.
- Vinho gaseificado: O vinho gaseificado é um tipo de vinho espumante que é produzido através da adição de dióxido de carbono puro por meio de diferentes processos. É necessário que o vinho apresente um teor alcoólico entre 10° e 13° G.L.
- Vinho licoroso: O seu teor alcoólico é natural ou adquirido entre 14 a 18% e para sua produção pode ser utilizado álcool etílico, mosto concentrado, caramelo, mistela simples, açúcar e caramelo de uva.
- Vinho composto: É uma bebida que apresenta um teor alcoólico entre 15° e 18° G.L., que é obtido através da adição de macerados ou concentrados de plantas amargas ou aromáticas, substâncias de origem animal ou mineral, álcool etílico potável, açúcares, caramelo e mistela simples ao vinho

2.3.6 Etapas da produção do vinho

Um vinho de qualidade é produzido utilizando matérias primas selecionadas, como uvas maduras, frescas, sadias e livres de resíduos de pesticidas. No entanto, alguns tipos de vinho são produzidos com uvas que sofreram ataques de *Botrytis cinérea*.

A fim de evitar prejuízos na qualidade do vinho é necessário que a uva passe pelo processamento logo após a sua colheita, evitando assim o esmagamento e fermentação alcoólica antecipada. Na figura 1 é exemplificado as etapas da produção do vinho tinto.

Figura 1- Operações realizadas para a elaboração de vinho tinto.

Fonte: Autor.

2.3.6.1 Qualidade da uva e a colheita

Os produtores de uva enfrentam desafios decorrentes das mudanças climáticas que afetam tanto a quantidade como a qualidade da produção. Os níveis crescentes de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, altas temperaturas e falta de água são alguns dos fatores ambientais que afetam o metabolismo da videira e, como efeito a qualidade da uva. A qualidade da fruta na colheita é crucial para a produção de vinhos únicos e de alta qualidade, e, portanto, é importante que os produtores compreendam as respostas da composição da uva a diferentes condições climáticas (PREVITALI, 2022).

Durante o amadurecimento da uva, ocorre a acumulação de açúcares, que é acompanhada pela síntese de outros compostos metabólicos especializados no fruto. O aroma e cor do vinho são impactados por esses compostos, que são determinantes importantes de sua qualidade (PREVITALI, 2022).

De acordo com Chiarotti *et al* (2011), as propriedades ótimas da uva destinada a produção de vinhos tintos de excelência são definidas por um baixo índice de acidez, situado entre 3,1 e 3,3, além de um teor mínimo de açúcares equivalente a 14 graus Brix. Ademais, a relação entre a concentração de sólidos solúveis totais e a acidez total titulável deve variar de 15 a 45.

2.3.6.2 Separação da ráquis e esmagamento

Os primeiros processos mecânicos empregados na uva são os processos de separação da ráquis e esmagamento da uva. Esses processos possuem papel fundamental, pois ocorre a liberação do mosto, o qual irá passar pelo processo de fermentação das leveduras. As operações devem ser executadas rapidamente, a fim de evitar a exposição do mosto a outros microrganismos e iniciar antecipadamente a fermentação alcoólica (RIZZON, 2007).

A operação de obtenção do mosto tem como finalidade a separação do engaço, a ruptura da casca das bagas e a extração do líquido, normalmente realizada por meio de um processo de esmagamento sob pressão. O desengace é uma etapa necessária, uma vez que o engaço, frequentemente, contribui com características indesejáveis para o vinho. Para efetuar esse processo, os equipamentos que realizam o esmagamento são combinados com desengaçadoras. O esmagamento é caracterizado pelo rompimento da casca da uva, o que permite a liberação do suco contido na polpa da baga, preparando-o para a sulfitagem (SO_2), que é alcançada pela adição de metabissulfito de potássio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$). O SO_2 apresenta propriedades bactericidas, antioxidantes e facilitam a dissolução das antocianinas e dos compostos fenólicos (BORTOLETTO, 2021). Na figura 2 é possível observar a máquina que executa o processo.

Figura 2 - Máquina desengaçadeira – esmagadeira para separar a ráquis e esmagar a uva.

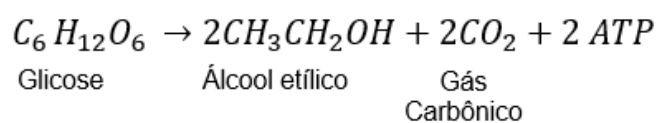


Fonte: RIZZON,2007.

2.3.6.3 Fermentação alcoólica

Caracteriza-se por fermentação alcoólica o fenômeno que transforma o mosto em vinho, os produtos primários resultantes do processo de fermentação alcoólica são o álcool etílico e o gás carbônico. A equação de Gay-Lussac é comumente utilizada para representar esse processo (Figura 3). Entretanto, a produção de etanol é facilitada por uma série de reações interdependentes, que são esquematizadas na Figura 4.

Figura 3 - Equação de Gay- Lussac.



Fonte: Autor.

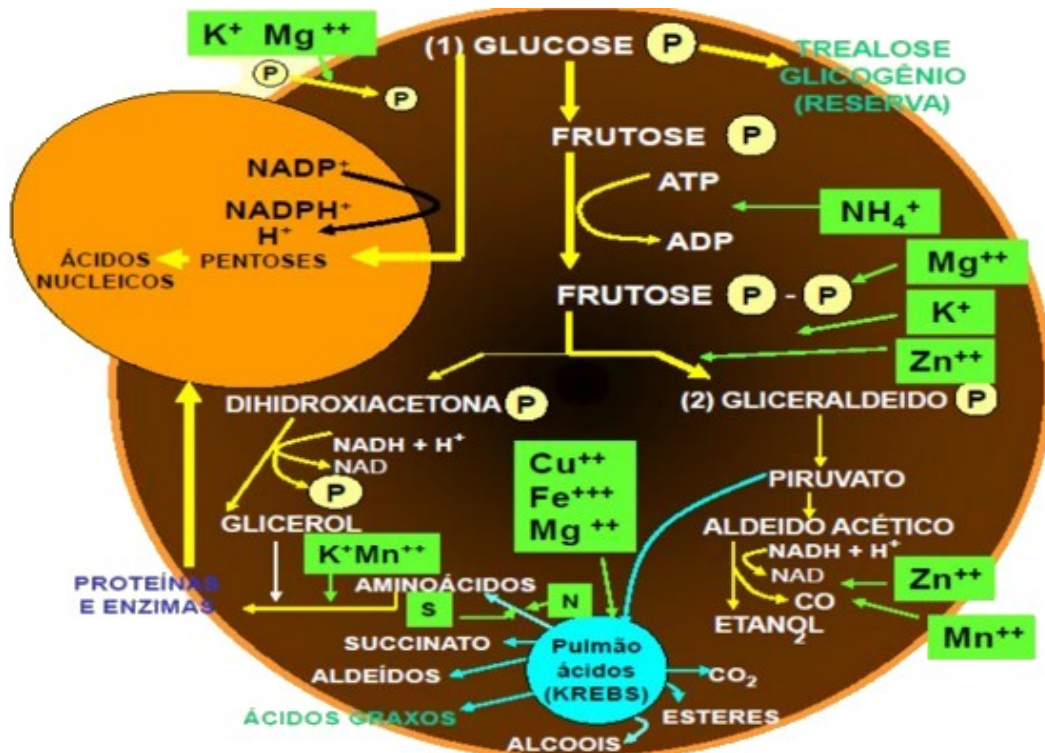


Figura 4 - Sequência de reações para formação de etanol e glicerol, conduzida por *Saccharomyces*.

Fonte: STEINLE, 2013.

O processo de conversão da glicose em etanol e dióxido de carbono envolve uma série de 12 reações bioquímicas, as quais são catalisadas por enzimas específicas, conhecidas como enzimas glicolíticas. Essas enzimas são localizadas no citoplasma celular, o qual é o local onde ocorre a fermentação. Diversos fatores influenciam a atividade glicolítica das enzimas, como nutrientes, minerais, vitaminas, pH, temperatura, entre outros, os quais podem afetar o processo fermentativo das leveduras.

A levedura *Saccharomyces* é um microrganismo aeróbio facultativo, o que significa que pode realizar seu metabolismo em condições aeróbicas ou anaeróbicas. No entanto, cada tipo de metabolismo produz um produto diferente. O metabolismo aeróbico converte uma parte da glicose em biomassa, dióxido de carbono e água, enquanto o metabolismo anaeróbico converte a maior parte da glicose em etanol e dióxido de carbono, processo conhecido como fermentação alcoólica (GÓES, 2005). Como resultado, a conversão de açúcar em etanol pelas

leveduras segue uma relação de 17 g de açúcar para produzir cerca de 10 mL de etanol.

Para a produção de vinhos clarificados, devido as dificuldades na fermentação as leveduras são inoculadas. A temperatura para realização do processo varia de acordo com o tipo de vinho a ser produzido, uma vez que baixas temperaturas geram menor taxa de fermentação e maior tempo de residência. No entanto, ao elevar o nível da temperatura há a perda de compostos voláteis, por exemplo, os ésteres, que conferem frescor ao produto (FRANCISCO,2016).

De acordo com Rizzon, Zanuz e Manfredini (1994) a fim de obter um vinho de qualidade é necessário levar em consideração alguns aspectos. Aspectos esses como:

- Utilizar o metabissulfito de potássio para induzir a seleção de leveduras de qualidade elevada, nas quais apresentam grande capacidade de produção de álcool e previnem o acúmulo de açúcar no produto.
- Outro aspecto importante é a utilização do pé de cuba, pois ele favorece o início do processo de fermentação, além de prevenir que ocorra uma fermentação lenta e problemática.
- O controle da temperatura de fermentação é crucial para a produção de vinho de qualidade. Para obtenção de vinhos brancos a temperatura deve ser mantida entre 18-20°C. Já para vinhos tintos, na etapa de maceração deve-se elevar a temperatura ficando na faixa de 20-26 °C, a fim de extrair promover a extração de compostos fenólicos que contribuem para a estrutura e cor do vinho.

Outro aspecto importante a ser observado a fim de não afetar o processo fermentativo, é quando as uvas não atingem a maturação adequada em relação ao teor de açúcares fermentáveis, torna-se necessário recorrer à técnica da chaptalização. A chaptalização é uma técnica que visa corrigir a deficiência de açúcar na uva através da adição de sacarose, criada por Jean Antoine Chaptal (1756-1832). Essa prática não só ajuda a equilibrar o vinho, aumentando seu teor alcoólico, mas também auxilia na extração de compostos fenólicos e aromáticos na etapa de maceração da uva (RIZZON; MIELE, 2005).

2.3.6.4 Maceração

Durante o processo de vinificação, os compostos fenólicos da uva são encontrados nas cascas e sementes e podem afetar a composição fenólica final do vinho. Na produção do vinho branco, o suco da uva é fermentado sem as partes sólidas, enquanto no vinho tinto a fermentação ocorre com as cascas e sementes. A maceração envolve o contacto entre as partes sólidas e líquidas das uvas e pode ocorrer antes, ao mesmo tempo ou depois da fermentação alcoólica. A extração dos compostos fenólicos está relacionada com o tempo de contacto e a temperatura. Um menor teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante é apresentado nos vinhos brancos, pois não ocorre maceração durante a fermentação alcoólica, porém uma forma de contornar esse problema é realizar a maceração pré-fermentação a frio (DEMOZZI, 2021).

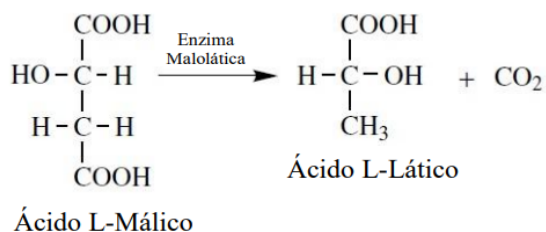
Os compostos obtidos, como antocianinas e flavonóis, reagem desde o início até a etapa de envelhecimento do vinho. As reações químicas que ocorrem vão desde condensação indireta de flavanol-antocianina até a degradação das antocianinas. Essas reações resultam em compostos polifenólicos incolores ou coloridos, que impactam na cor e qualidade do vinho. (GUERRA,2003).

2.3.6.5 Fermentação malolática

A fermentação malolática (FML) é um processo bioquímico que envolve a descarboxilação do ácido L-málico para formar ácido L-láctico, catalisada por bactérias do ácido láctico (LAB). Este processo é de importância primordial na vinificação, sendo considerado uma etapa secundária crucial. A FML influencia de maneira significativa a qualidade sensorial da maioria dos vinhos tintos e de alguns vinhos brancos. No entanto, a FML que ocorre de maneira espontânea e não controlada pode resultar em resultados imprevisíveis, podendo inclusive levar à deterioração do vinho. Portanto, é comum que os enólogos optem pela inoculação de culturas iniciais selecionadas para realizar a FML, visando um maior controle e previsibilidade do processo (FU; *et al*, 2022).

A transformação do ácido málico em ácido láctico é o processo bioquímico central da fermentação malolática, e ocorre através da atividade da enzima malolática, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Reação de descarboxilação do ácido málico.



Fonte: LUZ,2018.

Na vinificação, a conversão do ácido málico em ácido láctico é a única intervenção bacteriana desejada. A enzima malolática facilita a descarboxilação do ácido L-málico, permitindo que o lactato seja transportado para fora da célula. Esse processo é regulado pela proteína malolática regulatória. Embora a FML não seja considerada tecnicamente uma fermentação, pois a fermentação ocorre na ausência de oxigênio e envolve a transformação de carboidratos em outras substâncias, liberando energia, ela ainda é considerada um processo complexo e pouco compreendido (LUZ,2018).

2.3.6.6 Estabilização do vinho

O principal objetivo da estabilização do vinho é a remoção de defeitos do vinho, sejam eles visuais, olfativos, gustativos ou táteis, o aumento da segurança e estabilidade do vinho por meio de operações de clarificação e filtração, evitando a ocorrência de algumas precipitações comuns do vinho após o engarrafamento (COSME; FILIPE-RIBEIRO; NUNES, 2021).

De acordo com Rizzon (2006) para garantir a estabilidade tartárica do vinho, logo após a terceira transfega ou antes do engarrafamento o ideal é que seja realizado o processo de estabilização. Durante o inverno, esse processo ocorre naturalmente, devido a decantação dos cristais de tartarato. Porém, o processo pode ser acelerado através do resfriamento do vinho até -3°C a -4°C por um período de 8 a 10 dias. O resfriamento resulta na precipitação e insolubilização dos sais, em especial do bitartarato de potássio.

Através da técnica da micro-oxigenação o vinho também pode ser estabilizado. Essa técnica consiste em manter uma pequena quantidade de oxigênio livre e dissolvido no vinho durante um período determinado (GUERRA,2002).

2.3.6.7 Envelhecimento do vinho

A etapa de conservação e envelhecimento do vinho é uma técnica milenar, na qual visa a conservação e valorização de suas propriedades. O processo é iniciado após a vinificação e finalizada apenas no consumo, neste período diversas reações ocorrem e geram modificações químicas e sensoriais. A preferência dos consumidores é afetada por fatores como terroir e ano de colheita. Em todo o mundo o mercado de vinhos envelhecidos cresce progressivamente.

De forma geral, os vinhos são submetidos a um processo inicial em que envelhecem em contato com a madeira, principalmente em barricas, em um ambiente oxidativo, onde ocorre a entrada de pequenas quantidades de oxigênio. Essa oxidação pode ocorrer de forma passiva, por meio da entrada natural de oxigênio por aduelas e microporos da madeira, ou de forma ativa, por meio da adição controlada de pequenas quantidades de oxigênio (microoxigenação). Em seguida, o processo de envelhecimento pode prosseguir na garrafa, em um ambiente redutor, onde não ocorra a entrada de oxigênio (FREIRE, 2022).

2.3.6. 8 Engarrafamento

O processo de engarrafamento do vinho tem como objetivo principal a sua distribuição e melhoria de qualidade. No entanto, para que o vinho tenha uma boa evolução na garrafa, é fundamental que esteja límpido e com uma composição química adequada. Além disso, a escolha da garrafa e da rolha também é importante para a conservação e evolução natural do vinho, bem como para a aceitação do consumidor. Normalmente, as garrafas são feitas de vidro, que podem variar de cores muito escuras até completamente transparentes. A escolha cuidadosa do material da garrafa e da rolha pode ter um grande impacto na qualidade do vinho durante o envelhecimento na garrafa (FRANCISCO,2016).

2.4 Cerveja

A cerveja é uma bebida alcoólica obtida a partir da fermentação de um mosto preparado com cereais maltados, por exemplo, a cevada, dentre outros ingredientes,

como água, lúpulo e leveduras. A combinação desses ingredientes resulta em uma bebida com características sensoriais únicas, como cor, aroma, sabor e teor alcoólico. Dentre as bebidas alcoólicas, a cerveja é considerada uma das mais consumidas e possui uma história que remonta a milhares de anos, com variações regionais e culturais em sua produção e consumo.

2.4.1 Classificação da cerveja

Assim como o vinho, as cervejas são sujeitas a diversas classificações que consideram fatores como extrato primitivo, cor, teor alcoólico, proporção de malte de cevada e tipo de fermentação. A distinção principal entre as cervejas ocorre entre as categorias Lagers e Ales, determinada pelo tipo de levedura utilizada durante o processo fermentativo. As Lagers empregam leveduras de baixa fermentação, que atuam no fundo da mistura, sendo a predominante no Brasil. Por outro lado, as Ales utilizam leveduras de alta fermentação, agindo no topo da mistura (GAMA; MATOS, 2019).

A classificação das cervejas também se baseia no teor alcoólico, sendo categorizadas como sem álcool, baixo teor alcoólico, médio teor alcoólico e alto teor alcoólico, variando de menos de 0,05% a mais de 7% em peso (GAMA; MATOS, 2019). Outra abordagem classificatória considera o extrato primitivo, resultando em categorias como cerveja fraca, comum, extra e forte, variando os teores de 7% a 14% em peso. A coloração da cerveja é um critério adicional, dividindo-se em clara ou escura, avaliada em unidades EBC (SILVA; MORALES, 2019).

O Artigo 74 do DECRETO No 73.267, DE 6 DE DEZEMBRO DE 1973, oferece diretrizes para a denominação de cervejas conforme tipos internacionalmente reconhecidos, como Pilsen, Export, Lager, Dortmunder, München Bock, Malzbier, Ale, Stout, Porter e Weissbier. Essas regulamentações são fundamentais para a compreensão e padronização da diversidade de cervejas, proporcionando critérios específicos para sua classificação e nomenclatura (BRASIL, 1973).

2.4.2 Etapas da produção da cerveja

Existem algumas variações nos estágios de produção de cerveja dependendo da receita e da cervejaria. No entanto, os passos básicos envolvidos na produção de

cerveja incluem maltagem, moagem, mosturação, processamento de mosto, fermentação, maturação e acabamento. Algumas cervejarias também podem incluir etapas adicionais, como filtragem, dry hopping ou envelhecimento em barril para criar sabores e estilos únicos de cerveja. O tipo de grãos utilizados, a temperatura e duração das etapas de mosturação e fervura, e o tipo de levedura utilizada também podem variar de acordo com a receita e o perfil de sabor desejado para a cerveja. Em geral, embora possa haver variações nos detalhes específicos do processo de produção de cerveja, os passos básicos envolvidos na produção de cerveja permanecem os mesmos (HARRISON; ALBANESE, 2017).

2.4.2.1 Maltagem

O cereal principal empregado na maltagem é a cevada, uma gramínea pertencente à espécie *Hordeum vulgare L.* Em algumas regiões, outros cereais como sorgo, milho e trigo são utilizados para a produção de malte a partir dessas variedades. Qualquer tipo de cereal pode ser empregado no processo de maltagem, no entanto, a nomenclatura deve incluir a expressão "malte de" para identificar o cereal em questão. Por exemplo, "Malte de milho", "Malte de trigo", "Malte de sorgo", entre outros. Apenas o malte obtido a partir da cevada maltada é denominado simplesmente "malte" (OLIVEIRA, 2021).

O estágio de maltagem da cerveja é o processo de imersão dos grãos em água e permitindo que germinem, o que ativa as enzimas que posteriormente quebrarão os amidos dos grãos. Durante o estágio de maltagem, os grãos são primeiro limpos e em seguida embebidos em água para iniciar o processo de germinação. Os grãos são então drenados e espalhados para permitir a circulação de ar e evitar o crescimento de fungos ou bactérias. À medida que os grãos germinam, ocorre a produção de amilases, que, por sua vez, desdobram os amidos presentes nos grãos em açúcares mais simples. Esses açúcares são então disponibilizados para as leveduras durante o processo de fermentação. O processo de germinação é interrompido pela secagem dos grãos em um forno, o que também confere sabor e cor aos grãos. Os grãos maltados resultantes estão prontos para serem usados no processo de fabricação da cerveja. O estágio de maltagem é um passo crítico na produção de cerveja, pois determina o sabor, cor e fermentabilidade do produto final (BOKULICH; BAMFORTH, 2013).

2.4.2.2 Moagem

O objetivo do processo de moagem do malte e outros grãos é aumentar a superfície de contato entre a água e o malte. Normalmente, moinhos de rolo e martelo são usados para obter os melhores resultados, pois desta forma as cascas ficam quase intactas, criando uma barreira para a extração de taninos e outros compostos indesejáveis. Quanto mais finas as partículas, melhor a decomposição do malte em materiais fermentáveis, como açúcares e compostos nitrogenados assimiláveis durante o processo de mostura. No entanto, um tamanho de partícula muito pequeno pode ter um impacto negativo ao diminuir o rendimento da filtração e aumentar a turbidez do mosto. Alguns pesquisadores descobriram que a eficiência da moagem não é expressa apenas no tamanho dos grânulos finais, mas deve ser avaliada em conjunto com os níveis de temperatura de mostura, porque a atividade da α -amilase do amido depende tanto do tamanho dos grânulos quanto da temperatura de tratamento (PASCARI; *et al*, 2018).

Em resumo, a moagem do malte e outros grãos é uma etapa importante na produção de cerveja para aumentar a superfície de contato com a água de produção e obter materiais fermentáveis. A eficiência da moagem não é determinada apenas pelo tamanho dos grânulos finais, mas também pela temperatura de tratamento durante a mosturação. Uma moagem muito fina pode afetar negativamente a filtração e aumentar a turbidez do mosto.

2.4.2.3 Mosturação

A mosturação é uma etapa importante na produção de cerveja, que consiste em preparar o mosto através da hidratação dos grãos com água quente, ativação das enzimas do malte e liquefação do amido a açúcares.

Portanto, a etapa de mosturação compreende a junção do malte moído com água, se necessário há adição de complementos, e caramelo, caso deseje produzir a cerveja escura. Como resultado é promovida a gelatinização e subsequente hidrólise do amido em açúcares. Para ocorrer o controle da degradação do amido e das proteínas o pH e a temperatura atuam em conjunto.

Cerca de 65% dos sólidos totais presentes no malte são obtidos nesse processo, eles se dissolvem ou ficam suspensos na água, resultando no mosto utilizado no processo de fermentação (JUNIOR; VIEIRA; FERREIRA, 2009).

2.4.2.4 Processamento de mosto

O produto de interesse para o processo de fabricação é o mosto cervejeiro, portanto, após a mosturação o mosto é processado. A filtração é a etapa que tem como finalidade a separação da fração sólida da fração líquida. Seguida da etapa de fervura do mosto, na qual ocorre diversas etapas, como a desnaturação proteica. É na fervura que também ocorre a adição do lúpulo em duas etapas:

I – Início da fervura: tem o objetivo de conferir amargor.

II – Final da fervura: tem como objetivo proporcionar o aroma característico da cerveja.

Após a finalização do processo de fervura, através do bombeamento o mosto é transferido para outro recipiente e após meia hora irá ocorrer a decantação de todo excesso de proteína desnaturada durante a fervura (OLIVEIRA, 2021).

A próxima etapa é a fermentação, que é iniciada após a inoculação da levedura no mosto previamente resfriado e aerado.

2.4.2.5 Fermentação

A fermentação da cerveja é uma etapa crucial no processo de produção de cerveja, onde a levedura consome os açúcares presentes no mosto e produz álcool e dióxido de carbono (AROH, 2019). O processo de fermentação pode durar vários dias a várias semanas, dependendo do tipo de cerveja produzida e do teor alcoólico desejado (SCHNEIDER, 1953). A fermentação é influenciada por diversos fatores, incluindo o tipo de levedura utilizada, a temperatura do recipiente de fermentação e o teor de açúcar do mosto. A levedura utilizada na fermentação da cerveja é tipicamente uma cepa de *Saccharomyces cerevisiae*, que é um tipo de fungo bem adaptado ao processo de produção de cerveja (BOKULICH; BAMFORTH, 2013). A levedura durante o processo de fermentação metaboliza os açúcares presentes no mosto e produz álcool e dióxido de carbono. É na fermentação que é determinado o teor alcoólico, portanto, é uma etapa crítica do processo (AROH, 2019).

2.4.2.6 Maturação

Ao final da fermentação ocorre a transferência da “cerveja verde” para tanques de aço revestidos com vidro. Durante o armazenamento a uma temperatura entre 0°C e 21°C ocorre a maturação. A depender do tipo da cerveja o processo de maturação pode ser maior. É nesta etapa que a cerveja adquire seu sabor final, cor e características de corpo. Muitos cervejeiros incluem um curto período de condicionamento após a fermentação. O condicionamento pode ser feito a temperaturas de aproximadamente 11°C por pelo menos 3 dias. A clarificação ocorre em certa medida, conforme as leveduras, proteínas instáveis e outros sólidos suspensos se precipitam. Mudanças químicas ocorrem, o que cria um sabor mais suave e equilibrado (HARRISON; ALBANESE, 2017).

2.4.2.7 Acabamento

Por fim, a cerveja passa por vários processos de preparação para ser distribuída ao consumidor. Alguns desses processos são opcionais e alguns podem ser realizados por uma variedade de métodos. A escolha do cervejeiro depende do tipo de produto desejado. A maioria das cervejas será à prova de frio pela adição de proteases para evitar o desenvolvimento de turbidez por proteínas residuais quando o produto é mantido em temperaturas refrigeradas. A maioria também será clarificada e filtrada para remover sólidos remanescentes. O nível final de dióxido de carbono será ajustado para 0,45-0,52%. O método mais comum de carbonatação é adicionar dióxido de carbono de volta ao produto. Uma forma alternativa é adicionar mosto recém-fermentado à cerveja e permitir uma fermentação secundária natural. Para aumentar a vida útil da cerveja enlatada ou engarrafada, ela geralmente é pasteurizada. A maioria das cervejas nas últimas décadas recebeu pasteurização por calor (por exemplo, 62-63°C por até 20 minutos) (HARRISON; ALBANESE, 2017).

2.5 Kombucha

Segundo as diretrizes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Portaria N° 103, datada de 20 de setembro de 2018, o kombucha é classificado como uma bebida carbonatada, não submetida à pasteurização, obtida através de processos de fermentação aeróbica e anaeróbica, elaborada a partir de

uma infusão de origem vegetal e açúcares, utilizando a simbiótica cultura de bactérias e leveduras (SCOBY) (ANVISA).

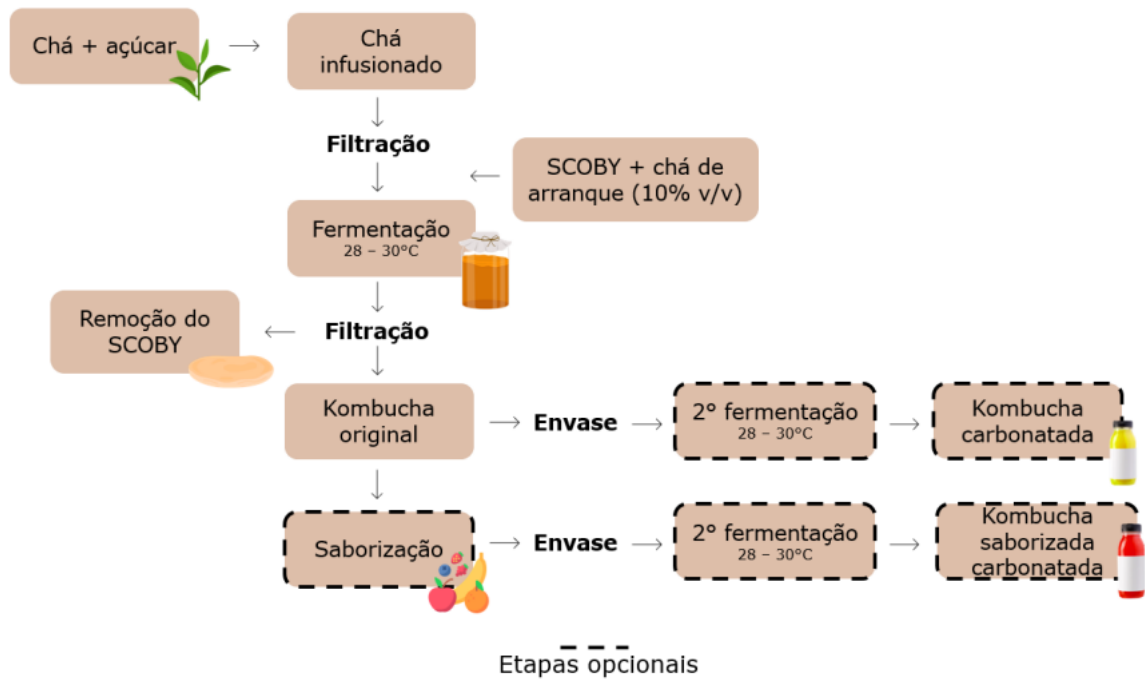
O SCOBY (symbiotic culture of bacteria and yeast) constitui um consórcio microbiano sinérgico que envolve cepas bacterianas, notadamente *Acetobacter* e *Gluconobacter*, bem como leveduras. As leveduras desempenham o papel fundamental de catalisar a conversão dos açúcares em etanol (C_2H_5OH) e dióxido de carbono (CO_2). As acetobactérias, por sua vez, orquestram a transformação subsequente do etanol em ácido acético ($C_2H_4O_2$). Em contraste, as gluconobactérias desempenham uma função distinta, culminando na produção de gluconato, sem participação na oxidação do ácido acético (YILDIZ; GULDAS; GURBUZ, 2021).

O produto apresenta um pH na faixa de 2,5 a 4,2 e uma acidez titulável mínima de 6,0%, sendo uma bebida com sabor ácido e doce. Ademais, pode ser acrescentado suco, especiarias e outros aditivos aprovados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

2.5.1 Processo produtivo da kombucha

O procedimento de obtenção da kombucha tradicional é representado na Figura 6. Inicialmente, o chá (*Camellia sinensis*) é incorporado à água quente e submetido a um processo de infusão sob rigoroso controle de temperatura e tempo. Nessa etapa, o açúcar é adicionado ao líquido ainda quente, tanto para facilitar a sua dissolução quanto para assegurar a segurança microbiológica. Após a filtração para remover quaisquer resíduos de folhas de chá e o meio atingir a temperatura ambiente, é adicionado o inóculo e/ou o SCOBY. Em seguida, o recipiente é coberto com um material que permita a permeabilidade do ar e, por fim, submetido a um processo de fermentação a uma temperatura controlada, tipicamente situada entre 25°C e 30°C (LEONARSKI *et al*, 2022).

Figura 6 - Processo produtivo da kombucha tradicional.



Fonte: WANDERLEY *et al*, 2023.

2.5.2 Fermentação Primária

O processo de fermentação da kombucha pode ser dividido em duas etapas distintas, denominadas fermentação primária e fermentação secundária.

A fermentação primária geralmente ocorre durante 7 a 10 dias em temperatura ambiente (20°C a 30°C), sendo relatadas temperaturas de fermentação ideais entre 18°C e 26°C. Durante a fermentação, uma nova membrana semelhante a uma gelatina, conhecida como "filha do fungo do chá," é formada e flutua na superfície do caldo. O fungo do chá é removido e mantido junto com uma pequena quantidade do caldo para ser utilizado na próxima fermentação. A filha do fungo do chá pode atingir até 2 cm de espessura e cobre a superfície do "fungo do chá mãe" para obter melhor acesso ao oxigênio. Após a fermentação, o caldo líquido é filtrado através de um pano limpo e armazenado em um recipiente vedado a 4°C para processamento adicional, como o envase. Com a fermentação, o sabor da Kombucha muda de agradavelmente frutado no início para um sabor semelhante ao vinagre após uma fermentação mais longa (WANG; *et al*, 2022). Após a fermentação

primária, alguns produtores de kombucha optam por realizar uma fermentação secundária na garrafa.

2.5.3 Fermentação Secundária

Na segunda etapa do processo, ocorre a adição de sabor e a carbonatação é elevada. Como fonte de açúcar são utilizados diferentes ingredientes, como frutas, ervas ou chás, nos quais são adicionados e mantidos na mistura por um tempo, idealmente esse processo deve ocorrer em garrafas. Essa fase é chamada de fermentação secundária, pois as bactérias presentes no *Scooby* consomem açúcar e produzem gás carbônico.

Durante o processo de fermentação a kombucha adquire naturalmente a carbonatação. Para que não ocorra uma nova fermentação é necessário que o produto seja adequadamente refrigerado após o envase (DANELUZ, et al, 2021).

2.5.4 Parâmetros importantes da fermentação e sua manutenção

Durante a fermentação da kombucha, o pH diminui devido à formação de ácidos orgânicos. A temperatura e a concentração de chá *starter* afetam a quantidade de ácidos gerados. A fermentação mais longa resulta em maior teor de vitamina C, mas o acúmulo excessivo de ácidos pode ser prejudicial à saúde. Portanto, para obter um produto de qualidade é importante encontrar as condições ideais de fermentação, considerando também as características sensoriais do produto.

2.5.4.1 Tempo de fermentação

A variável mais significativa em todo o processo de fermentação é a duração do tempo, seguida pela temperatura como a segunda variável importante. Por outro lado, a concentração de chá *starter* tem menor importância na composição do produto de fermentação, especialmente em relação aos teores de glicose, frutose, ácidos totais, etanol e vitamina C. O tempo necessário de fermentação é de 7 a 12 dias, com uma temperatura entre 22°C e 30°C. Durante a fermentação, a bebida torna-se mais ácida devido à produção de ácido acético, resultando em menor aceitação sensorial e redução do pH devido à formação de ácidos orgânicos (DUFRESNE; FARNWORTH, 2000).

2.5.4.2 Temperatura de fermentação

A temperatura tem um papel acelerador no processo de fermentação da bebida, influenciando a velocidade do consumo de compostos como sacarose, glicose e frutose. Em temperaturas mais elevadas, a fermentação é acelerada, resultando em uma taxa de redução do pH mais rápida e, conseqüentemente, em uma bebida mais ácida em menos tempo. Contudo, altas temperaturas podem favorecer a contaminação da bebida por bactérias do ácido láctico. A faixa ideal de temperatura de fermentação é de 22°C a 25°C, com um limite máximo de 30°C. É importante monitorar e controlar a temperatura durante o processo de fermentação para evitar sabores indesejáveis e danos ao scoby (Neffe-Skocińska *et al.*, 2017).

2.5.4.3 Materiais ideais para a fermentação

Os materiais utilizados na fermentação devem resistir à corrosão do meio ácido resultante da fermentação da kombucha, que possui um pH final entre 2,7 e 3,1. Recipientes de chumbo e cerâmica podem levar à migração de compostos tóxicos para a bebida durante a fermentação, sendo o vidro e o aço inoxidável os materiais mais indicados. Além disso, é importante usar um recipiente com bocal largo para permitir a troca de ar com o ambiente e permitir o crescimento adequado do scoby (PALUDO *et al.*, 2017).

2.5.4.4 pH da fermentação

O pH da kombucha durante a fermentação é influenciado pela produção de ácido acético e outros ácidos orgânicos. Um pH mais baixo indica maior acidez e uma maior produção de ácido acético pelas bactérias, resultando em menor teor alcoólico da bebida. A faixa ideal de pH durante a fermentação é de 2,6 a 2,7, alcançada após cerca de 15 dias de fermentação. Medir o pH é essencial para controlar o processo de fermentação e determinar o momento adequado para encerrá-lo. Um pH muito baixo pode afetar negativamente a qualidade sensorial e segurança da bebida devido ao acúmulo de ácidos orgânicos, especialmente ácido acético. Portanto, monitorar o pH durante a fermentação é essencial para garantir a qualidade do produto (PALUDO *et al.*, 2017).

2.6 Inovações Biotecnológicas na Produção de Bebidas Fermentadas

A inovação na biotecnologia aplicada a bebidas fermentadas é um campo em constante crescimento, com contribuições notáveis de patentes recentes. Duas patentes em particular, depositadas no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e publicadas em 2023, merecem destaque.

A primeira patente, com o número de pedido BR 10 2021 017065 4 A2 e intitulada "Processo de Hidrólise de Pectina por Pectinases Imobilizadas Covalentemente em Nanopartículas em um Biorreator de Agitação Eletromagnética," representa um avanço significativo no domínio da engenharia química e biotecnológica. Ela descreve um processo inovador para a hidrólise de pectina, um componente crítico no processamento e clarificação de sucos e vinhos. Essa inovação utiliza pectinases imobilizadas covalentemente em nanopartículas magnéticas de óxido de ferro, agitadas por eletromagnetismo em um biorreator automatizado.

O desafio comum em reações enzimáticas que envolvem nanopartículas magnéticas é a sedimentação dessas partículas no fundo dos reatores, comprometendo a eficiência do processo. A solução apresentada envolve a agitação eletromagnética, reduzindo o cisalhamento e proporcionando um desempenho superior. Essa inovação tem aplicação notável na indústria de sucos, melhorando a capacidade de hidrólise de pectina e comprovando seu sucesso na clarificação do suco de acerola (SILVA; PORTO, 2023).

A segunda patente, identificada com o número de pedido BR 10 2021 001067 3 A2 e intitulada "Inibidor Vegetal para o Controle Seletivo de Microrganismos Contaminantes e Melhoria do Desempenho das Fermentações Industriais, Processo de Obtenção e Uso," é uma contribuição valiosa para a produção de bebidas fermentadas e outras aplicações industriais. Essa patente descreve um inibidor vegetal, baseado no agente ativo canavanina, proveniente das sementes de feijão-de-porco. Sua aplicação em processos fermentativos industriais, incluindo a produção de biocombustíveis, biomassa celular, bebidas fermentadas e destiladas, visa ao controle seletivo de microrganismos contaminantes e à melhoria do desempenho das fermentações.

Essa inovação aborda uma série de desafios comuns em processos fermentativos, como floculação excessiva de células, produção excessiva de espuma, lentidão nas fermentações, resíduos de açúcar indesejados e baixos rendimentos industriais. Além disso, a aplicação do inibidor melhora as condições de fermentação e reduz o consumo de insumos químicos. Uma característica notável é sua origem vegetal e a rápida metabolização pelos microrganismos, resultando em rápida decomposição e ausência de resíduos ambientais (FLORES, *et al.*, 2022).

Essas duas patentes representam avanços na biotecnologia, destacando o compromisso da indústria de bebidas fermentadas em busca de soluções inovadoras e sustentáveis para desafios específicos do setor. Elas ilustram como a biotecnologia continua a moldar o futuro da produção de bebidas fermentadas e de outras aplicações industriais.

Um exemplo notável de aplicação prática da biotecnologia no mercado é a empresa PROENOL, que utiliza essa abordagem de maneira natural e altamente eficaz na enologia. A PROENOL se dedica à pesquisa contínua de soluções inovadoras para o setor vitivinícola, aproveitando os recursos da natureza para auxiliar os enólogos na otimização dos processos de vinificação e conservação de vinhos.

Uma das inovações mais destacadas é a criação do "Proelif," uma cápsula contendo microrganismos. A utilização do "Proelif" elimina a necessidade de adjuvantes de remoção. Devido às leveduras contidas na cápsula, o vinho permanece constantemente límpido. Os nutrientes e açúcares entram nas células devido à permeabilidade da cápsula. A cápsula também permite a saída de metabólitos.

A PROENOL é um exemplo de como a biotecnologia tem sido aplicada com sucesso no mercado, oferecendo soluções inovadoras que beneficiam não apenas os produtores, mas também contribuem para aprimorar a qualidade e a eficiência da indústria.

4 CONCLUSÃO

Considerando a abordagem abrangente realizada no presente trabalho, é evidente que a aplicação da biotecnologia nas bebidas fermentadas desempenha um papel crucial na otimização dos processos produtivos. A revisão histórica das bebidas fermentadas revelou a profunda interconexão entre esses produtos e a trajetória da humanidade, destacando sua relevância cultural e nutricional ao longo dos séculos. Ademais, a análise da evolução da biotecnologia nesse contexto demonstra a sua capacidade de impulsionar avanços significativos, como atestado pelas patentes apresentadas.

Ao explorar os processos de produção do vinho, cerveja e kombucha, foi possível constatar a influência direta da biotecnologia em cada etapa, desde a seleção de microrganismos específicos até a otimização das condições de fermentação. A integração desses avanços tecnológicos nos processos produtivos resulta em produtos de maior qualidade e consistência, além de contribuir para a eficiência e sustentabilidade das operações.

As patentes apresentadas reforçam de forma concreta os benefícios tangíveis proporcionados pela aplicação da biotecnologia na indústria de bebidas fermentadas. Elas exemplificam a capacidade da biotecnologia em superar desafios específicos do setor, como a imobilização de enzimas e o uso de inibidores vegetais para aprimorar os processos de fermentação.

Portanto, é inegável que a biotecnologia assume um papel crucial na contínua evolução e aprimoramento da produção de bebidas fermentadas. O presente estudo destaca a importância de se manter atualizado com os avanços nesse campo, pois tais inovações não apenas elevam a qualidade dos produtos, mas também

impulsionam a eficiência e a competitividade da indústria. Dessa forma, a integração efetiva da biotecnologia nos processos produtivos de bebidas fermentadas representa um passo promissor em direção ao futuro sustentável e inovador desse setor.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AROH, K. Review: Beer Production. **SSRN Electronic Journal**, 2019. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3458983>.

BIGGS, B. W. *et al.* Enabling commercial success of industrial biotechnology. **Science**, v. 374, n. 6575, p. 1563–1565, 24 dez. 2021.

BÖHMER, G. M. Bebidas fermentadas. In: EMBRAPA. **Tecnologias de produção de bebidas**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 15-32.

BOKULICH, N. A.; BAMFORTH, C. W. The Microbiology of Malting and Brewing. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 77, n. 2, p. 157–172, 22 maio 2013.

BORTOLETTO, A. M. *et al.* Processos de vinificação para a obtenção de vinhos de qualidade no Brasil. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 14, p. 86-90, jul. 2021.

BRASIL DECRETO Nº 73.267, DE 6 DE DEZEMBRO DE 1973. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, p. 1-25, dez. 1973.

BRASIL DECRETO Nº 8.198, de 8 de fev. de 2014. Regulamenta a Lei nº 5.823, de 14 de novembro de 1972. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, p. 1-22, fev. 2014.

BRASIL LEI Nº 7.678, DE 8 DE NOVEMBRO DE 1988. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras

providências. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, p. 1-9, nov. 1988.

BRUNCH, K. L. **Lei do Vinho Sistematizada**. Bento Gonçalves: Instituto Brasileiro do Vinho, 2012. 136 p.

BUD, R. History of Biotechnology. **Encyclopedia of Life Sciences**, 28 maio 2003.

CHIAROTTI, F. *et al.* Melhoria da qualidade de uva “Bordô” para produção de vinho e suco de uva. **Revista brasileira de fruticultura**, v. 33, n. spe1, p. 618–624, 2011.

COELHO, R. M. D. *et al.* Kombucha: Review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 22, p. 100272, dez. 2020.

CORRÊA GUERRA, N.; BATISTA DA SILVA, E. Percepções e hábitos sobre a ingestão de vinhos e benefícios à saúde. **Oikos: Família e Sociedade em Debate**, v. 33, n. 1, p. 1–18, 10 jun. 2022.

COSME, F.; LUÍS FILIPE-RIBEIRO; NUNES, F. M. Wine Stabilisation: An Overview of Defects and Treatments. In: COSME, F.; NUNES, F.M.; FILIPE-RIBEIRO, L. (editors). **Chemistry and Biochemistry of Winemaking, Wine Stabilization and Aging**. IntechOpen eBooks, 10 fev. 2021. Chapters 8, EBOOK (PDF) ISBN:978-1839625770. DOI: 10.5772/intechopen.95245.

DANELUZ, J. *et al.* Processo de separação por membranas aplicado na filtração de Kombuchas. Guarujá, SP: Editora Científica Digital, 2021. Chapter 46, p. 639–655. DOI:10.37885/210805829.eBooks.

DEMOZZI, H.N. **Influência do tempo de maceração pós fermentativa na composição de vinhos brancos da variedade 'ribolla gialla'**. Orientadora: Dra. Carolina Pretto Panceri. 2021.21f. TCC (Graduação) - Especialista em Tecnologia de Bebidas Alcoólicas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Urupema, 2021. Disponível em: https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2340/TCC_TBA_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 30 mar.2023.

DUFRESNE, C.; FARNWORTH, E. Tea, Kombucha, and health: a review. **Food Research International**, v. 33, n. 6, p. 409–421, jul. 2000.

FELBERG, I. P. Bebidas fermentadas. In: TRUGILHO, G.; MELLO, J. M. C. (Org.). **Biotecnologia e bioprocessos: princípios e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. cap. 16, p. 385-400.

FLORES, L. F. *et al.* **Inibidor vegetal para o controle seletivo de microrganismos contaminantes e melhoria do desempenho das fermentações industriais, processo de obtenção e uso**. Titular: Inpi. BR n. BR102021001067A2. Depósito: 20 jan. 2021. Publicação: 26 jul. 2022

FRANCISCO, N. J. R. **Projeto de base de uma adega para a produção de Vinho Verde**. 2016. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Biológica Ramo Tecnologia Química e Alimentar, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2016.

FREIRE, A. I. C. **Impacto do envelhecimento nas características físico-químicas de vinhos: o caso particular do envelhecimento de vinhos engarrafados mergulhado sem profundidade**. 2022. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Viticultura e Enologia, Universidade de Évora- Escola de Ciências e Tecnologia, Evora, 2022.

FU, J. *et al.* Malolactic Fermentation: New Approaches to Old Problems. **Microorganisms**, v. 10, n. 12, p. 2363–2363, 29 Nov. 2022.

GAMA, E.; MATOS, R. P. Cerveja: Composição e métodos de determinação dos constituintes inorgânicos e orgânicos. Recital - **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 1, n. 1, p. 11–23, 28 set. 2019.

GÓES, F.J. **Desenvolvimento e otimização do processo fermentativo para a produção de vinho branco a partir da uva Itália**. Dissertação – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, p. 30.2005.

GUERRA, C. C. Maturação da uva e condução da vinificação para a elaboração de vinhos finos. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 1., 2002,

Andradas, MG. Viticultura e Enologia: atualizando conceitos. Caldas: EPAMIG, 2002. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1054864>.

GUERRA, C. C. **Influência de parâmetros enológicos da maceração na vinificação em tinto sobre a evolução da cor e a quantidade do vinho..** Brasília: Embrapa Uva e vinho, 2003.

HARRISON, M. A.; ALBANESE, J. B. Beer/Brewing. **Reference Module in Life Sciences**, December 12th, 2017. 10.1016/B978-0-12-809633-8.13014-6.

JUNIOR, A. A. D.; VIEIRA, A. G.; FERREIRA, T. P. Processo de Produção de Cerveja. **Revista Processos Químicos**, v. 3, n. 6, p. 61–71, 1 jul. 2009.

KHAN, F. A. **Biotechnology Fundamentals**. Boca Raton, USA: CRC Press, 2011. 608 p.

LEAO, P. C. Breve histórico da vitivinicultura e a sua evolução na região Semiárida brasileira. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v.7, p. 81-85,2010.

LEONARSKI, E. *et al.* Production process and characteristics of kombucha fermented from alternative raw materials. **Food Bioscience**, v. 49, p. 101841, 1 out. 2022.

PROENOL. Investigar, Produzir, Aconselhar. **Leveduras Encapsuladas**. Disponível em: <<https://proenol.com/web/produtos/leveduras-encapsuladas>>. Acesso em: 29 out. 2023.

LUZ, G. C. da. **Seleção de bactérias para fermentação malolática de vinhos**. 2018. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia, Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/3798/Dissertacao%20Giovanni%20Colussi%20da%20Luz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 abr. 2023.

MALAKAR, S.; PAUL, S. K.; JOLVIS POU, K. R. Biotechnological Interventions in Beverage Production. **Biotechnological Progress and Beverage Consumption**, v. 19, p. 1–37, 2020.

MARSH, A. J. *et al.* Fermented beverages with health-promoting potential: Past and future perspectives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 38, n. 2, p. 113–124, ago. 2014.

MORALES-DE LA PEÑA, M.; MIRANDA-MEJÍA, G. A.; MARTÍN-BELLOSO, O. Recent Trends in Fermented Beverages Processing: The Use of Emerging Technologies. **Beverages**, v. 9, n. 2, p. 51, 1 jun. 2023.

NEFFE-SKOCIŃSKA, K. *et al.* Acid contents and the effect of fermentation condition of Kombucha tea beverages on physicochemical, microbiological and sensory properties. **CyTA-Journal of Food**, v. 15, n. 4, p. 601-607, 2017.

NIELSEN, J.; TILLEGREEN, C. B.; PETRANOVIC, D. Innovation trends in industrial biotechnology. **Trends In Biotechnology**, [S.L.], v. 40, n. 10, p. 1160-1172, out. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tibtech.2022.03.007>.

OLIVEIRA, M. DE C. Cerveja artesanal: matérias-primas, processamento, fermentação e desenvolvimento tecnológico de fabricação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas**, v. 2, p. 335–351, 2021

PALUDO, N; *et al.* **Desenvolvimento e caracterização de kombucha obtida a partir de chá verde e extrato de erva-mate: processo artesanal e escala laboratorial**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2017.

PAOLINI, M.; TONIDANDEL, L.; LARCHER, R. Development, validation and application of a fast GC-FID method for the analysis of volatile compounds in spirit drinks and wine. **Food Control**, p. 108873, fev. 2022.

PASCARI, X. *et al.* Mycotoxins and beer. Impact of beer production process on mycotoxin contamination. A review. **Food Research International**, v. 103, p. 121–129, jan. 2018.

PRASAD, B. D.; MUZAFFAR, S. History of Biotechnology. In: PRASAD, B. D. *et al.* **Plant Biotechnology: principles, techniques, and applications**. New York: Apple Academic Press, 2018. Cap. 1. p. 4-22.

PREVITALI, Pietro. The relationship between grape ripening rate and wine quality. **Science & Wine**, Australia, p. 1-1, 27 fev. 2022.

RASMUSSEN, S. C. From Honey Wine to the Cultivation of the Grape: An Early History of Fermented Beverages. **ACS Symposium Series**, p. 89–138, jan. 2016.

RIZZON, L. A.; DALL'AGNOL, I. **Vinho tinto**. Brasília: Embrapa Uva e vinho, 2007.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Correção do mosto da uva Isabel com diferentes produtos na Serra Gaúcha. **Ciência Rural**, v. 35, n. 2, p. 450–454, abr. 2005

RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MANFREDINI, S. **Como elaborar vinho de qualidade na pequena propriedade**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e vinho, 1994

SCHNEIDER, RUBEN. Beer Fermentation, Modern Fermentation Processes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 1, n. 3, p. 241–245, abr. 1953.

SILVA, C. R. G.; MORALES, E. M.; OLIVEIRA, D. S. DE. Aspectos sensoriais e nutricionais da cerveja – comparação entre o processo artesanal e comercial. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 01, n. 08, p. 14–35, 9 set. 2019.

SILVA, J. C.; PORTO, T. S. **Processo de hidrólise de pectina por pectinase imobilizada covalentemente em nanopartículas em um biorreator de agitação eletromagnética**. Titular: Inpi. BR n. BR 10 2021 017065 4 A2. Depósito: 27 ago. 2021. Publicação: 07 mar. 2023

SILVEIRA, M. S. *et al.* O consumo de bebida alcoólica em estudantes universitários. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e6410111250, 3 jan. 2021.

STEINLE, L.A. **Fatores que interferem na fermentação alcoólica**. 2013. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão do Setor Sucoenergético, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Sertãozinho, 2013.

VERMA, A. S. *et al.* Biotechnology in the realm of history. **Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences**, v. 3, n. 3, p. 321, 2011.

WANDERLEY, B. R. S. M. *et al.* KOMBUCHA: matérias-primas, composição química e atividades biológicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos: Pesquisas e avanços**, [S.L.], v. 4, n. 4, p. 193-200, 29 abr. 2023. Agron Food Academy. <http://dx.doi.org/10.53934/9786585062060-18>.

WANG, B. *et al.* Kombucha: Production and Microbiological Research. **Foods**, v. 11, n. 21, p. 3456, 31 out. 2022.

YILDIZ, E.; GULDAS, M.; GURBUZ, O. Determination of in-vitro phenolics, antioxidant capacity and bio-accessibility of Kombucha tea produced from black carrot varieties grown in Turkey. **Food Science and Technology**, v. 41, n. 1, p. 180–187, mar. 2021.