

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

LUISE DE FARIA WENDHAUSEN

**FERMENTADOS ALCOÓLICOS DE FRUTAS: UMA REVISÃO SOBRE AS
ETAPAS E PARÂMETROS DE PRODUÇÃO, CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS E POTENCIAL BIOATIVO DAS BEBIDAS**

Florianópolis

2022

LUISE DE FARIA WENDHAUSEN

**FERMENTADOS ALCOÓLICOS DE FRUTAS: UMA REVISÃO SOBRE AS
ETAPAS E PARÂMETROS DE PRODUÇÃO, CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS E POTENCIAL BIOATIVO DAS BEBIDAS**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carlise Beddin Fritzen Freire

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra

A ficha de identificação é elaborada pelo próprio autor.

Orientações em:

<http://portalbu.ufsc.br/ficha>

Luise de Faria Wendhausen

**FERMENTADOS ALCOÓLICOS DE FRUTAS: UMA REVISÃO SOBRE AS
ETAPAS E PARÂMETROS DE PRODUÇÃO, CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS E POTENCIAL BIOATIVO DAS BEBIDAS**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Florianópolis, 03 de Março de 2022.

Prof^ª. Dr^ª. Ana Carolina de Oliveira Costa
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Carlise Beddin Fritzen Freire
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª. Dr^ª. Maria Manuela Camino Feltes
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª. Dr^ª. Ana Carolina de Oliveira Costa
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus pais que sempre me incentivaram, estiveram presentes e foram essenciais para a minha formação pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, que foram grandes incentivadores em todos os desafios da minha vida pessoal e profissional e me deram o apoio necessário para que eu alcançasse meus objetivos. Ao Bernardo, meu companheiro, por estar ao meu lado nos momentos de alegrias e dificuldades, me incentivar e acreditar em mim. Às amigades que cultivei durante o tempo na Caltech, em especial à Letícia, minha amiga de todas as horas. À minha dupla na graduação desde a primeira fase, Luiza, que esteve ao meu lado nas derrotas, mas principalmente nas conquistas durante esse período. À minha amiga Grazielle, com quem compartilhei boas risadas e copos de cerveja e a todos os amigos e colegas com quem pude compartilhar bons momentos em todos esses anos. Agradeço muito aos meus professores da graduação, em especial à professora Carmen e à professora Ana Costa, que sempre me acolheram nos momentos difíceis e que fizeram parte diretamente, além da minha formação profissional, do meu desenvolvimento pessoal. À minha orientadora, que me apresentou o mundo dos fermentados e fez com que eu me apaixonasse ainda mais por esta área e esteve ao meu lado durante a elaboração do trabalho, sempre com paciência e bons ensinamentos. E por fim à Universidade Federal de Santa Catarina, universidade pública, gratuita e de extrema qualidade, lugar de grandes aprendizados e vivências únicas, onde tive a oportunidade de me desenvolver não só como cientista de alimentos, mas como cidadã.

RESUMO

Apesar da alta produção e diversidade de frutas no Brasil a maior parte destas é consumida *in natura* pela população. O processamento de frutas, com a transformação destas em diferentes produtos, tende a aumentar a sua vida de prateleira, além de valorizar as matérias-primas empregadas evitando também o desperdício. Neste sentido, alguns trabalhos na literatura têm demonstrado que a utilização da fermentação alcoólica pode ser uma forma de processamento das frutas, tornando-se uma alternativa de uso de excedentes da produção e de fonte de renda para produtores rurais. Este trabalho buscou realizar uma revisão bibliográfica sobre fermentados alcoólicos de frutas, evidenciando a possibilidade de utilização de diferentes frutas, além de apresentar as principais etapas e parâmetros de produção, características físico-químicas e potencial bioativo das bebidas. De acordo com a literatura estudada, as principais etapas para a elaboração de um fermentado alcoólico de fruta compreendem a limpeza e sanitização da matéria-prima, obtenção do mosto, chaptalização, sulfitação, inoculação da levedura, fermentação alcoólica, trasfega, filtração e envase. No entanto, o processo pode ser adaptado de acordo com as particularidades de cada fruta, a disponibilidade de equipamentos e as características finais desejadas. Quanto às características físico-químicas, a legislação brasileira estabelece padrões de identidade e qualidade para fermentados alcoólicos de frutas, onde são determinadas as faixas de concentração de acidez (total, fixa e volátil), anidrido sulfuroso total, cloretos totais, extrato seco reduzido, graduação alcoólica, teor de açúcar e pressão (para bebidas gaseificadas). As matérias-primas utilizadas, bem como as etapas e os parâmetros de processamento podem interferir significativamente na qualidade do produto final. Os estudos sobre potencial bioativo mostram-se relevantes nos fermentados alcoólicos de frutas, onde os trabalhos da literatura têm analisado principalmente a composição fenólica e a atividade antioxidante dos mostos e dos fermentados. Porém ainda são escassas pesquisas relativas aos efeitos fisiológicos *in vivo* das bebidas e ainda há um amplo campo de investigação devido à possibilidade de uso de diferentes espécies vegetais. A partir da revisão apresentada neste trabalho conclui-se que é viável a elaboração de bebidas alcoólicas fermentadas com uma ampla variedade de frutas, permitindo obter uma grande diversidade de bebidas. Dessa forma, este trabalho serve como incentivo aos estudos relacionados aos fermentados alcoólicos de diferentes frutas, com o objetivo de desenvolver o mercado e valorizar as frutas brasileiras, em especial as nativas, que ainda são subutilizadas.

Palavras-chave: Bebida fermentada; Compostos Bioativos; Fermentado de Fruta.

ABSTRACT

Despite the high production and diversity of fruits in Brazil, most is consumed *in natura*. The fruit processing, with its transformation in different products, tends to increase their shelf life, and in addition, valuing the raw materials used and avoiding waste. In this context, some research shows that the utilization of alcoholic fermentation can be a food processing alternative to use the production surpluses and source of income for small rural producers. This work sought to carry out a review on alcoholic fermented fruits, highlighting the possibility of using different fruits, in addition to show their elaboration process, physicochemical characteristics and beverages bioactive potential. According to the studied literature, the main steps for the elaboration of a fruit wine include cleaning and sanitization of the raw materials, obtaining the wort, chaptalization, sulphitation, yeast inoculation, alcoholic fermentation, racking, filtration and bottling. However, the process can be adapted according to the particularities of each fruit, the equipment availability and the final characteristics desired. As for the physicochemical characteristics, Brazilian legislation establishes identity and quality standards for fruit wines, where the concentration ranges of acidity (total, fixed and volatile), total sulfur dioxide, total chlorides, reduced dry extract, alcohol content, sugar content and pressure (for carbonated drinks) are determined. The raw materials used, as well as the processing steps, can significantly interfere with the quality of the final product. The studies about the bioactive potential are relevant for elaborated fruit wines, as presented in the literature, in which mainly, the wort, final product phenolic compounds and antioxidant activity of musts and fermented products are analyzed. However, there is still little research on the *in vivo* physiological effects of beverages and there is still a wide field of investigation due to the possibility of using different species. From the review presented in this work, it is concluded that it is feasible to elaborate fruit wines with a wide variety of fruits, obtaining a great diversity of beverages. In this way, this work serves as an incentive to the studies related to fruit wines from different fruits, with the objective of developing the market and valuing Brazilian fruits, especially native ones, which are still underused.

Keywords: Fermented Beverage; Bioactive Compounds; Fruit Wine.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais etapas envolvidas na elaboração de fermentados alcoólicos de frutas com destaque para formação de etanol a partir do piruvato	20
Figura 2 - Percentual de SO ₂ e seus sais em diferentes faixas de pH.....	24
Figura 3 - Esquema do metabolismo da fermentação alcoólica realizado pela <i>S. cerevisiae</i>	26
Figura 4 - Principais compostos fenólicos encontrados nos fermentados de maçã e de cassis.....	36
Figura 5 - Principais compostos fenólicos identificados no fermentado de maracujá da caatinga.....	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros de elaboração de diferentes fermentados de frutas e seus respectivos teores alcoólicos.....	23
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção de frutas no Brasil nos anos de 2017, 2018 e 2019.....	16
Tabela 2 - Padrões legais de identidade e qualidade para os fermentados de fruta.....	30
Tabela 3 - Teor de polifenóis totais em seis das principais frutas consumidas no Brasil.....	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Objetivo Geral.....	14
1.1.2	Objetivos Específicos.....	14
2	METODOLOGIA.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1	FRUTAS.....	16
3.2	FERMENTADOS ALCOÓLICOS DE FRUTAS.....	18
3.2.1	Etapas e parâmetros de fermentação na produção de bebidas alcoólicas fermentadas.....	19
3.2.2	Características físico-químicas dos fermentados alcoólicos de frutas	29
3.2.3	Potenciais compostos bioativos dos fermentados alcoólicos de frutas	32
4	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS.....	40
	ANEXO A – Padrões legais de identidade e qualidade para os fermentados de caju e jabuticaba, fermentado de maçã, sidra, fermentado licoroso e fermentado de fruta composto.....	46

1 INTRODUÇÃO

De acordo com levantamentos de dados do Plano Nacional de Desenvolvimento da Fruticultura (BRASIL, 2018) a produção de frutas no Brasil é uma das mais variadas do mundo, com área de cultivo superior a 2 milhões de hectares. Ademais, o seu calendário de safra é distribuído ao longo de todo o ano, em diferentes regiões do país, apresentando uma diversidade de frutas com potencial para o processamento e transformação industrial.

Apesar da alta produção e diversidade de frutas no Brasil, a sua maior parte é consumida *in natura*, não passando por nenhum tipo de processamento (KIST *et al.*, 2021). Por serem alimentos com elevada perecibilidade, boa parte das frutas acaba sendo descartada por deixarem de apresentar a qualidade adequada para consumo em um curto período de tempo (GORAYEB *et al.*, 2019; TESSARO *et al.*, 2010). Outra problemática é a exigência de um determinado padrão visual das frutas por parte do mercado consumidor, fazendo com que sejam recusados, e muitas vezes perdidos, produtos aptos para consumo. O processamento de frutas, com a transformação destas em diferentes produtos, tende a aumentar a sua vida de prateleira, além de valorizar as matérias-primas empregadas. Nesse sentido, podem ser produzidas geleias, doces, polpas de frutas, frutas desidratadas e produtos fermentados.

Alguns trabalhos na literatura têm demonstrado que a utilização da fermentação alcoólica pode ser uma forma de processamento das frutas, onde há o aumento da vida de prateleira e maior facilidade de conservação, tornando-se uma alternativa de uso de excedentes da produção e de fonte de renda para produtores rurais (ASQUIERI *et al.*, 2008; DANTAS; SILVA, 2017; SEGTOWICK; BRUNELLI; VENTURINI FILHO, 2013). Os fermentados alcoólicos mais conhecidos e disponíveis no mercado brasileiro são o vinho, elaborado a partir da uva, e a sidra, produto obtido a partir da fermentação da maçã. Por outro lado, ainda é incipiente a utilização de diferentes frutas produzidas no Brasil para a elaboração de fermentados alcoólicos, o que pode agregar valor às matérias-primas, em especial devido à sua composição química e aos potenciais benefícios conferidos à saúde dos consumidores dessas bebidas.

Para a obtenção de uma bebida fermentada de qualidade é importante o conhecimento da influência dos diferentes parâmetros do processo fermentativo nas

características do produto final, com o objetivo de atender às exigências da legislação e às características desejadas pelos consumidores. Dessa forma o presente trabalho buscou através de uma revisão bibliográfica compilar informações e fazer uma análise sobre o processo fermentativo, características físico-químicas e potenciais bioativos de fermentados alcoólicos de diferentes frutas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre fermentados alcoólicos de frutas, evidenciando a possibilidade de utilização de diferentes frutas produzidas no Brasil, além de apresentar as principais etapas e parâmetros de produção, características físico-químicas e potencial bioativo das bebidas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar o mercado brasileiro de frutas e as potencialidades do uso de diferentes frutas produzidas no país para a elaboração de fermentados alcoólicos;
- Apresentar o processo produtivo de fermentados alcoólicos de frutas e discorrer sobre as principais etapas de elaboração;
- Abordar as principais características físico-químicas de fermentados alcoólicos de frutas;
- Discutir o potencial bioativo das bebidas provenientes da fermentação alcoólica de frutas abordando principalmente os compostos fenólicos;
- Levantar as perspectivas sobre melhorias da produção e qualidade dos fermentados de frutas.

2 METODOLOGIA

Esta revisão bibliográfica utilizou informações da literatura nacional e internacional e a busca dos dados foi realizada entre os meses de fevereiro a dezembro de 2021, utilizando livros, teses e dissertações em plataformas de busca *online* como a BU/UFSC, além da legislação brasileira nos sites dos órgãos reguladores, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Também foram consultados artigos científicos utilizando as seguintes bases de dados: *Science Direct*, *Scielo*, *Google Scholar*, *Scopus* e Portal de Periódicos Capes. Para as buscas não foram estabelecidos limites quanto ao período ou ano de publicação, porém foram priorizados artigos mais recentes, principalmente a partir do ano 2000. As seguintes palavras-chave isoladas ou em combinação, tanto em português quanto em inglês, foram aplicadas em uma busca simples: “fermentado alcoólico de fruta”, “*fruit wine*”, “fermentação alcoólica”, “*alcoholic fermentation*”, “*Saccharomyces cerevisiae*”, “fermentação etanólica”, “*ethanolic fermentation*”, “frutas típicas brasileiras”, “*brazilian typical fruits*”, “produção de frutas no Brasil” e “*fruit production in Brazil*”, “perfil fenólico”, “*phenolic profile*”.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 FRUTAS

Frutas de diferentes espécies apresentam grande importância na alimentação dos seres humanos, sendo amplamente recomendadas na dieta pelos seus benefícios nutricionais relacionados principalmente à alta concentração de vitaminas, minerais e compostos antioxidantes (SLAVIN; LLOYD, 2012). Segundo o Anuário Brasileiro de Horti & Fruti (KIST *et al.*, 2021), em 2019 o Brasil foi o terceiro maior produtor mundial de frutas, com cerca de 41 milhões de toneladas produzidas no ano, ficando atrás somente da China e da Índia. Além disso, as frutas com maior destaque de produção nacional nos últimos anos foram a laranja, a banana e a melancia, respectivamente, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Produção de frutas no Brasil nos anos de 2017, 2018 e 2019.

Fruta	Produção (toneladas)		
	2017	2018	2019
Laranja	17.492.882	16.713.534	17.073.593
Banana	6.584.967	6.752.171	6.812.708
Melancia	2.312.993	2.240.796	2.278.186
Uva	1.743.430	1.591.986	1.485.292
Açaí	1.335.040	1.510.022	1.398.328
Limão	1.293.774	1.481.322	1.511.185
Manga	1.089.882	1.319.296	1.414.338
Maçã	1.307.642	1.195.007	1.222.979
Mamão	1.058.487	1.060.392	1.161.808
Tangerina	967.139	996.872	984.897
Maracujá	548.088	602.651	593.429
Melão	541.298	581.478	587.692
Goiaba	458.046	578.608	584.223

Abacate	212.873	235.788	242.932
Pêssego	250.449	219.598	183.132
Caqui	182.185	156.935	168.658
Figo	25.891	23.674	22.526
Pera	22.125	19.813	16.722
Marmelo	491	521	530
Subtotal	37.427.682	37.280.464	37.743.158
Coco-da-baía*	1.473.426	1.564.500	1.553.966
Abacaxi*	1.539.756	1.768.154	1.617.684
Total (parcial)	40.440.864	40.611.950	40.914.808

Fonte: IBGE (2021). *Expressos em mil frutos

Além das frutas mais produzidas no país e usualmente encontradas em supermercados e feiras, existe uma ampla variedade de frutas que são consumidas de forma local e menos conhecidas. Nesse sentido, frutas exóticas e nativas brasileiras encontradas em diferentes biomas, vêm despertando o interesse dos pesquisadores, devido às suas características sensoriais diferenciadas e potenciais benefícios à saúde (HAMINIUK *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2012). Além disso, de acordo com Köhler e Brack (2016), várias frutas nativas da Amazônia, do Cerrado e da Mata Atlântica, por exemplo, já atingiram nichos de mercado, inclusive com valorização internacional, e têm se destacado pelo expressivo aproveitamento.

Frutas nativas da Amazônia como o cupuaçu e o açaí já possuem um mercado consumidor mais consolidado, no entanto existe uma ampla variedade de outras espécies que ainda são pouco exploradas e possuem potencial para serem as “frutas do futuro” como o buriti e a camu-camu (DE CARVALHO, 2012). Apesar do potencial, essas frutas ainda não se popularizaram na área de alimentos. O Cerrado e o Pantanal são dois biomas presentes no território brasileiro que apresentam uma grande e valiosa variedade de frutas nativas, como o araçá, a gabioba, o caju, o pequi, a cagaita e a guapeva (VIEIRA *et al.*, 2010). No entanto, muitas delas ainda são subutilizadas ou somente consumidas *in natura* pela população local, apresentando elevado potencial de elaboração de produtos, visando a agregação na renda

familiar. Dentre as frutas de clima temperado, encontradas principalmente nos biomas Mata Atlântica e Pampa, destacam-se as uvas, maçãs, pêsegos, ameixas e nectarinas, caqui, morango, amora, framboesa, mirtilo, figo, pera e marmelo. Grande parte dessas frutas possuem importância socioeconômica para os estados da região Sul do Brasil, apesar da sua produção ser inferior à de outras frutas no país (FACHINELLO *et al.*, 2011).

De acordo com o Anuário Brasileiro de Horti & Fruti (2020), a maior parte das frutas no Brasil são consumidas *in natura*, não passando por nenhum processamento. Por serem alimentos com alta perecibilidade acabam sendo descartados por falta de qualidade (GORAYEB, 2019; TESSARO *et al.*, 2010). Adicionalmente, o processamento de frutas, com a transformação destas em diferentes produtos, tende a aumentar a sua vida de prateleira, além de valorizar a matéria-prima empregada. No entanto, ainda é incipiente a utilização de diferentes frutas produzidas no Brasil para a elaboração de fermentados alcoólicos de frutas, o que pode agregar valor ao produto, em especial devido ao potencial bioativo dessas bebidas.

3.2 FERMENTADOS ALCOÓLICOS DE FRUTAS

Para a elaboração de um fermentado alcoólico é possível utilizar diversas frutas, resultando em uma grande variedade de produtos com diferentes características químicas e sensoriais. Convencionalmente a uva e a maçã são as frutas mais utilizadas para a produção de fermentados alcoólicos, sendo as matérias-primas do vinho e da sidra, respectivamente. De acordo com a Lei Nº 7.678, de 8 de novembro de 1988 (BRASIL, 1988), a denominação vinho é exclusiva para a bebida obtida pela fermentação alcoólica da uva sã, fresca e madura. Dessa forma, bebidas alcoólicas fermentadas a partir de outras frutas não devem ser denominadas vinho, sendo regidas pelo decreto Nº 6871, de 4 de junho de 2009 (BRASIL, 2009), que define fermentado de fruta a bebida fermentada com graduação alcoólica de 4 a 14%, em v/v, a 20 °C, obtida pela fermentação alcoólica do mosto de fruta sã, fresca e madura de uma única espécie, do respectivo suco integral ou concentrado, ou polpa, que poderá nestes casos, ser adicionado de água. Assim, a bebida obtida por fermentação alcoólica de frutas deve ser denominada “*Fermentado de*” seguido do nome da fruta utilizada para a sua obtenção (BRASIL, 2009).

Em 2012, houve uma complementação dos padrões de identidade e qualidade das bebidas alcoólicas fermentadas, a partir da Instrução Normativa do MAPA N°34, de 29 de novembro de 2012 (BRASIL, 2012). De acordo com esta legislação, a bebida fermentada deve ser obtida a partir do suco de uma única fruta, não podendo haver misturas de espécies e não devem ser adicionados ingredientes que alterem as características sensoriais naturais da bebida, salvo casos previstos na legislação. Ademais, o produto final deve se enquadrar nos parâmetros de identidade e qualidade estabelecidos nesta mesma instrução normativa.

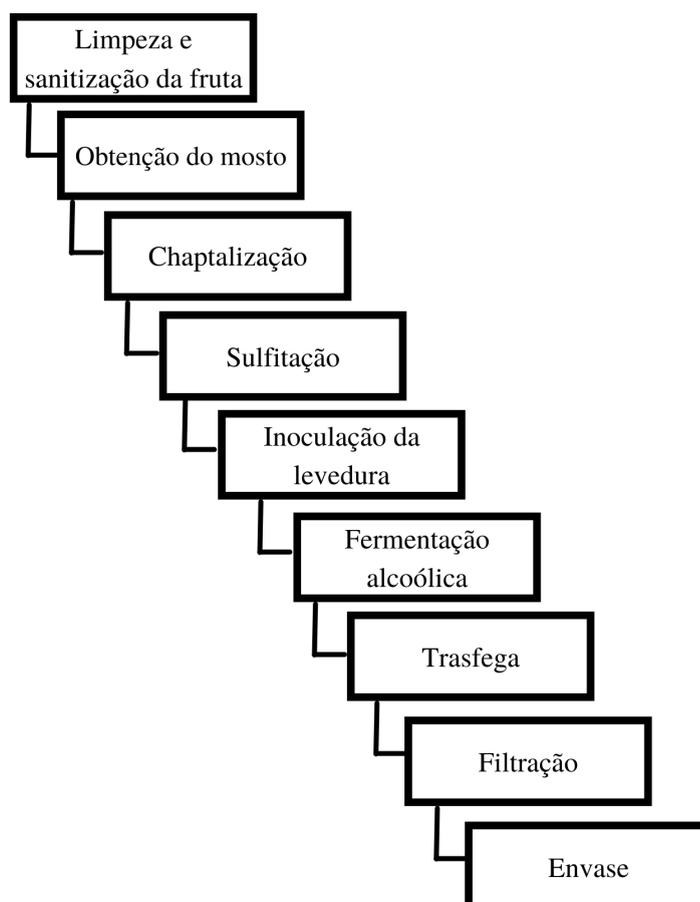
Dessa forma, diferentes frutos são relatados na literatura como viáveis para a produção de fermentados alcoólicos, como a laranja (OLIVEIRA *et al.*, 2015), a acerola (SEGTOEWICK; BRUNELLI; VENTURINI FILHO, 2013), o melão (BESSA *et al.*, 2018), o cajá (DIAS; SCHWAN; LIMA, 2003), o abacaxi (SILVA *et al.*, 2010), o umbu (PAULA *et al.*, 2012; DANTAS; SILVA, 2017), a melancia (FONTAN *et al.*, 2011), o açaí e o cupuaçu (DA SILVA PEREIRA *et al.*, 2014), a jaca (ASQUIERI *et al.*, 2008), além da jabuticaba, cacau e gabioba (DUARTE *et al.*, 2010), dentre outros. Cada qual com suas especificidades e características devido à natureza da fruta e seu processo fermentativo.

3.2.1 Etapas e parâmetros de fermentação na produção de bebidas alcoólicas fermentadas

O principal ingrediente utilizado para a elaboração de um fermentado de fruta é a polpa ou suco da fruta a ser fermentada e como coadjuvante de tecnologia, a levedura. Além disso, outros ingredientes e aditivos podem ser empregados, como observado em trabalhos da literatura, que mencionam a utilização de água, para a diluição da polpa de fruta (DANTAS; SILVA, 2017; SEGTOEWICK; BRUNELLI; VENTURINI FILHO, 2013); de sacarose, para o ajuste do teor de sólidos solúveis totais do mosto (JIANG *et al.*, 2020; ALVES *et al.*, 2011); dos aditivos metabissulfito de potássio (DIAS *et al.*, 2003; SEGTOEWICK; BRUNELLI; VENTURINI FILHO, 2013) ou metabissulfito de sódio (SILVA *et al.*, 2010), como conservantes; além do uso de carbonato de cálcio (DANTAS; SILVA, 2017), ácido cítrico (BESSA *et al.*, 2018) e ácido tartárico (FONTAN *et al.*, 2011) para o ajuste do pH do mosto.

A figura 1 apresenta o fluxograma geral das principais etapas envolvidas na elaboração de fermentados alcoólicos de frutas. Vale destacar, que modificações nas etapas de elaboração dos fermentados podem ocorrer, dependendo da infraestrutura disponível, das peculiaridades de cada matéria-prima e das características desejadas para o produto final.

Figura 1 - Principais etapas envolvidas na elaboração de fermentados alcoólicos de frutas.



Fonte: Autor (2021)

A primeira etapa para a produção de um fermentado de fruta consiste na limpeza e sanitização da matéria-prima. Na sequência é obtido o mosto, a partir da extração da polpa ou do suco da fruta, realizada geralmente com o auxílio de uma despulpadeira ou de uma prensa.

Dependendo do método de extração, podem ser observadas diferentes características no mosto. Segtowick, Bunelli e Venturini Filho (2013) avaliaram as características físico-químicas de polpa e suco de acerola utilizados para a obtenção de fermentado alcoólico e concluíram que a polpa apresentou maiores valores de pH, sólidos solúveis e sólidos insolúveis, em comparação ao suco. Por outro lado, Dantas e Silva (2017) e Bessa *et al.* (2018) ao elaborarem um fermentado de umbu e de melão, respectivamente, realizaram a diluição da polpa da fruta para a preparação do mosto, com o intuito de obter extratos com características físicas e químicas desejadas. Já Oliveira *et al.* (2015) realizaram a prensagem de laranjas para a extração do suco, com posterior filtração.

Para auxiliar na etapa de obtenção do mosto de frutas, alguns pesquisadores utilizam em conjunto às metodologias de extração alguns tratamentos enzimáticos, como alternativa para facilitar a filtração e melhorar a qualidade sensorial e físico-química das bebidas obtidas de mostos com elevados teores de pectina e celulose. Jiang *et al.* (2020) avaliaram as características do fermentado de pitaya submetidas a um pré-tratamento com pectinase e concluíram que não houve diferença significativa nos resultados da fermentação alcoólica e nas características físico-químicas (SST, teor alcoólico, pH e teor de glicerol) entre as amostras submetidas ao pré-tratamento e as amostras controle. No entanto, nos fermentados que receberam o tratamento enzimático houve uma diminuição significativa da viscosidade e aumento do rendimento.

Dias *et al.* (2003) realizaram tratamento enzimático com poligalacturonases e celulases na elaboração de mostos de cajá com o objetivo de redução da viscosidade do produto e facilitar a clarificação da bebida. O estudo observou que houve redução da viscosidade nos mostos com diferentes valores de pH (3,8 e 4,5), porém na amostra com pH 3,3 não houve atuação significativa do complexo enzimático, salientando a importância desse parâmetro para a ação das enzimas.

Assim, outra etapa importante para a elaboração de fermentados de frutas está relacionada ao ajuste de pH, pois este parâmetro também pode interferir no rendimento do etanol e nas características finais da bebida, em especial a acidez. As fermentações alcoólicas podem se desenvolver em uma ampla faixa de pH, no entanto valores de pH entre 3,0 e 5,0 são considerados ideais para o crescimento da levedura (LIMA *et al.*, 2001). No estudo de Lin

et al. (2012) verificou-se que em mostos com pH abaixo de 4,0 foi obtido um maior rendimento na produção de etanol. Já em valores de pH acima de 5,0 a concentração final de etanol diminuiu significativamente. Porém é importante ressaltar que valores de pH muito baixos podem ser maléficos à produção dos fermentados, pois os ácidos orgânicos presentes nas frutas, principalmente no estado não ionizado, podem causar a inibição do crescimento da levedura. Nesse caso, pode ocorrer a proliferação de bactérias resistentes e de leveduras selvagens, indesejadas no processo (DE GÓES-FAVONI *et al.*, 2018). Panda *et al.* (2014) adicionaram ácido tartárico ao mosto de sapotá, até atingir o pH de 4,8. Já Dantas e Silva *et al.* (2017) adicionaram carbonato de cálcio ao mosto de umbu, com o intuito de aumentar o pH do mosto (até 4,0). Jiang *et al.* (2020) utilizaram ácido málico para a correção de pH em um mosto de pitaya, enquanto Bessa *et al.* (2018) obtiveram um pH de 4,6 em mosto de melão, após o emprego de ácido cítrico.

A presença de açúcares fermentescíveis pelos microrganismos no mosto é essencial para que ocorra a fermentação alcoólica e conseqüentemente a produção de etanol. O teor de sólidos solúveis (SST) na fruta depende da sua espécie, variedade e do seu estágio de maturação, o que interfere diretamente na produção de etanol (LUZÓN-QUINTANA; CASTRO.; DURÁN-GUERRERO, 2021). No entanto, muitas frutas não apresentam um teor ideal de açúcares para que se produza a quantidade recomendada de etanol, que segundo a legislação brasileira, varia entre 4% a 14% para o fermentado de fruta (BRASIL, 2009). Assim a chaptalização, que consiste na adição de açúcar ao mosto, torna-se uma etapa importante a ser realizada durante a produção de uma bebida alcoólica fermentada. Recomenda-se a adição de sacarose, que poderá ser substituída total ou parcialmente por açúcar invertido, glicose, frutose, maltose ou seus xaropes (BRASIL, 2012). O teor de sólidos solúveis pode ser medido utilizando um refratômetro, com os dados expressos em ° Brix, que consiste no índice de refração da matéria-prima (HUTKINS, 2006). Trabalhos da literatura relatam valores de SST em mostos de diferentes frutas, variando entre 15 a 24 ° Brix, conforme apresentado no Quadro 1. Essa variação pode resultar em diferentes tempos de fermentação e teores alcoólicos, sendo o processo altamente dependente da temperatura utilizada, do tipo de levedura e do pH do mosto (DANTAS; SILVA, 2017).

Quadro 1 - Parâmetros de elaboração de diferentes fermentados frutas e seus respectivos teores alcoólicos.

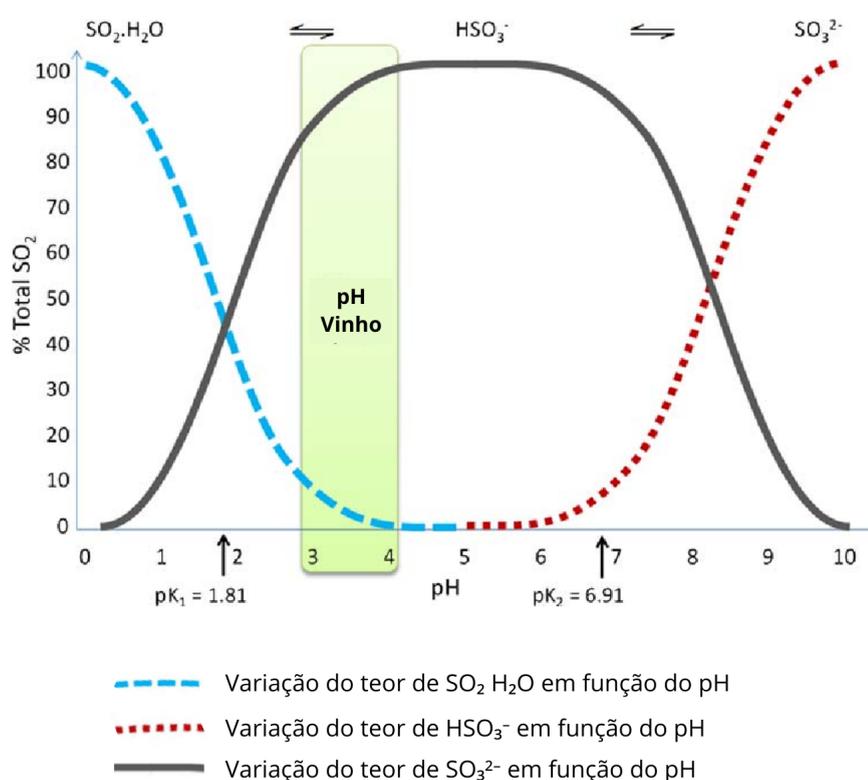
Fruta	Levedura	*SST mosto	pH Inicial	Temp. (°C)	Tempo	Teor alcoólico (% v/v)	Referência
Abacaxi	<i>S. cerevisiae</i>	21	4 a 4,5	18	20 dias	13	Silva <i>et al.</i> (2010)
Laranja	<i>S. cerevisiae</i> CA11	15	3,9	19,7	6 dias	7,3	Oliveira <i>et al.</i> (2015)
Cajá	<i>S. cerevisiae</i> RL11	24	3,8	22	10 dias	12	Dias <i>et al.</i> (2003)
Umbu	<i>S. cerevisiae</i>	20	4	22	11 dias	12,6	Dantas e Silva (2017)
Melancia	<i>S. cerevisiae</i>	18	4,4	28	20 dias	10	Fontan <i>et al.</i> (2011)
Melão Amarelo	<i>S. cerevisiae</i>	15	4,5	32	24 horas	6,8	Bessa <i>et al.</i> (2018)
Melão Cataloupe	<i>S. cerevisiae</i>	15	4,6	32	30 horas	5,0	Bessa <i>et al.</i> (2018)
Acerola	<i>S. cerevisiae</i> CA11	20	3,5	Temperatura Ambiente (sem controle)	30 dias	10,7	Segtowick, Brunelli e Venturini Filho (2013)

Fonte: Elaborado pelo autor. *SST: Sólidos solúveis totais.

Após a chaptalização, geralmente é realizada a etapa de sulfitação. A presença de sulfitos no mosto evita o crescimento de microrganismos indesejáveis que possam deteriorar o produto, trazer riscos ao consumidor ou até mesmo produzir compostos que alterem sensorialmente o fermentado da fruta, apresentando também ação antioxidante (GUPTA; SHARMA, 2009). Como exemplos de microrganismos que devem ser inibidos destacam-se os bolores, as bactérias que metabolizam ácido acético e as leveduras selvagens (PANDA *et al.*, 2014). O processo consiste em adicionar ao mosto dióxido de enxofre (SO₂) diretamente ou através dos seus sais de cálcio, de potássio ou de sódio (FAVERO *et al.*, 2011). Esses sais liberam SO₂, que por sua vez se dissocia em três diferentes formas, SO₂ molecular (SO₂·H₂O), bissulfito (HSO₃⁻) e sulfito (SO₃²⁻). O equilíbrio entre as três formas é dependente do pH do

meio (Divol *et al.*, 2012). A forma não ionizada apresenta a melhor atividade microbiana e é favorecida em valores de pH mais baixos, entre 0 e 2, já em valores de pH entre 2 e 7 prevalece a forma de bissulfito e em pHs entre 7 e 10 a forma sulfito é favorecida (FAVERO *et al.*, 2011 e DIVOL *et al.*, 2012), conforme demonstrado na figura 2. Como o metabissulfito de potássio rende cerca de 50% da sua massa em dióxido de enxofre, geralmente adiciona-se o dobro da sua quantidade para que se alcance os valores desejados em SO_2 (DIAS *et al.*, 2003). É importante ressaltar que a legislação brasileira permite a presença de até $0,35 \text{ g L}^{-1}$ de anidrido sulfuroso em fermentados alcoólicos de fruta (BRASIL, 2012).

Figura 2 – Percentual de SO_2 e seus sais em diferentes faixas de pH



Fonte: Adaptado de Divol *et al.* (2012).

O pK_1 é a constante de dissociação da reação $\text{SO}_2 \text{ H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HSO}_3^- + \text{H}^+$ e o pK_2 é relativo à reação $\text{HSO}_3^- \leftrightarrow \text{SO}_3^{2-} + \text{H}^+$.

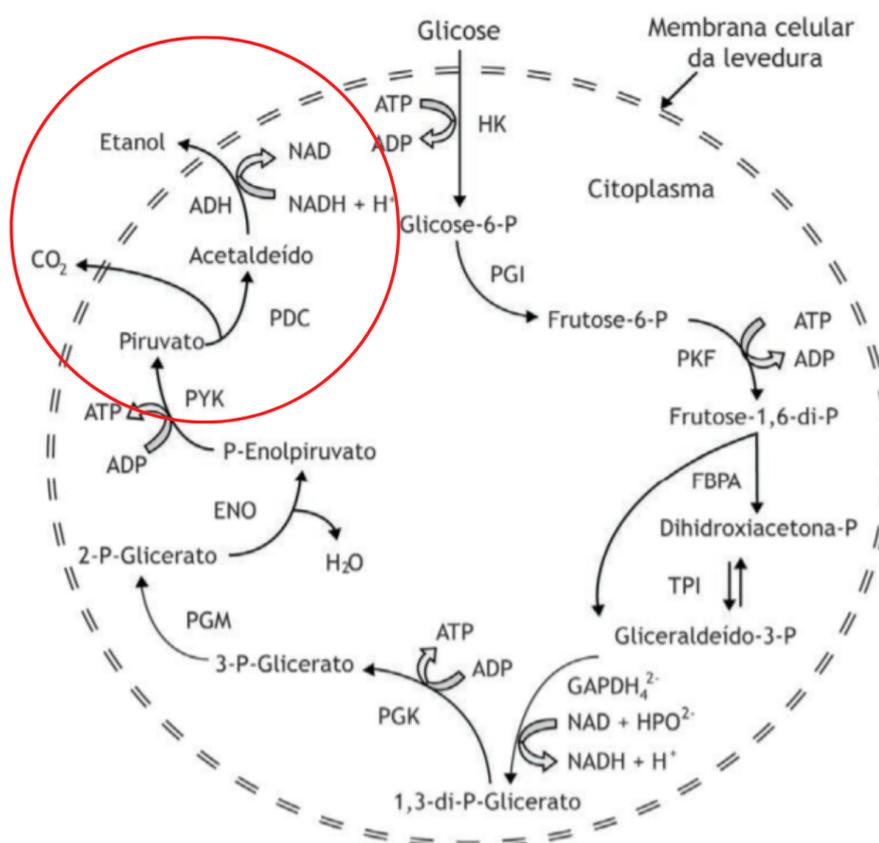
Na sequência é realizada a inoculação das leveduras fermentativas ao mosto. Para que haja a formação de biomassa bem como ocorra um processo de fermentação alcoólica eficiente é importante verificar a concentração ideal em relação ao volume de mosto, indicada pelos fabricantes de culturas comerciais. Antes do microrganismo ser adicionado ao líquido

pode-se realizar o preparo do inóculo, processo que é popularmente chamado pé de cuba, que corresponde à mistura de um determinado volume do mosto previamente pasteurizado com o fermento, mantendo-se a mistura em uma temperatura de cerca de 30°C por 24 horas em recipiente fechado (PANDA *et al.*, 2014). Também é possível realizar a adição direta da cultura, onde a formação inicial de biomassa acontece diretamente no mosto a ser fermentado.

A espécie mais relatada na literatura como microrganismo para a produção de bebidas alcoólicas fermentadas é a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, porém diferentes cepas podem ser utilizadas, cada qual com sua especificidade. A descoberta da *S. cerevisiae* foi um importante achado científico para a civilização humana, por conta do seu extensivo uso em alimentos e bebidas fermentadas, os quais possuem alto valor comercial (PARAPOULI *et al.*, 2020). A levedura *S. cerevisiae* é um microrganismo aeróbio facultativo, ou seja, tem habilidade de se ajustar tanto em condições de aerobiose quanto de anaerobiose (LIMA, 2014).

A fermentação alcoólica é um processo anaeróbio que consiste na transformação do açúcar em etanol e CO₂ por uma sequência reações bioquímicas, cada qual catalisada por enzimas específicas (Figura 3) (LIMA *et al.*, 2001). Durante o processo fermentativo os açúcares transportados para dentro da célula microbiana são fosforilados por enzimas hexoquinases ou glicoquinases, sendo convertidos a piruvato na via glicolítica. Na sequência as moléculas de piruvato são descarboxiladas pela enzima piruvato descarboxilase, formando acetaldeído e CO₂. O acetaldeído é então reduzido a etanol por enzimas álcool desidrogenase. Desta forma os produtos finais do metabolismo glicolítico da levedura são dois mols de CO₂ e dois mols de etanol por mol de glicose (HUTKINS, 2006).

Figura 3 – Esquema do metabolismo da fermentação alcoólica realizado pela *S. cerevisiae* com destaque para formação de etanol a partir do piruvato



Fonte: Adaptado de Bastos (2011).

Fatores físicos, químicos e microbiológicos podem afetar o rendimento da fermentação. Dentre eles estão a temperatura, pressão osmótica, pH, concentração de nutrientes inibidores, oxigenação, linhagem e concentração da levedura e contaminação bacteriana. Esses fatores levam a uma alteração na estequiometria das reações, favorecendo a formação de biomassa e compostos secundários. Dentre estes compostos estão o glicerol, ácidos orgânicos, álcoois superiores, acetaldeído, acetoína, butilenoglicol e outros compostos em quantidades não significativas (LIMA, 2001). No caso da fermentação alcoólica para a produção de bebidas de frutas, a formação de metabólitos secundários é de extrema importância, pois estes são responsáveis pela formação de compostos responsáveis pelas

características sensoriais da bebida, em especial os compostos voláteis (MINA; TSALTAS, 2017). Todavia, a presença excessiva de compostos como o glicerol e os ácidos orgânicos pode ser prejudicial à qualidade do fermentado.

É importante ressaltar que apesar da levedura ter a capacidade de metabolizar tanto glicose quanto frutose, o consumo desses açúcares pode não se dar na mesma proporção. Alves *et al.* (2011) identificaram valores de glicose próximos a zero ao final do processo fermentativo na bebida fermentada de lichia, enquanto os níveis de frutose ainda se mostravam mais altos, o que foi interpretado como uma possível preferência pelo consumo de glicose em detrimento da frutose. Por outro lado, a escolha da sacarose como o principal açúcar adicionado ao mosto durante a chaptalização se deve, muitas vezes, à facilidade de acesso ao insumo e ao seu custo menos elevado quando comparado à glicose. Assim, a sacarose poderá ser transportada diretamente para dentro da célula microbiana ou hidrolisada previamente pela enzima invertase no meio extracelular, transformando o dissacarídeo em frutose e glicose, que então são transportados para dentro da célula para serem metabolizados pela levedura. No entanto, a forma como ocorre a utilização do açúcar depende de fatores como a cepa utilizada, a adaptação da levedura ao meio, a atividade da enzima invertase e a concentração inicial de glicose disponível (MWESIGYE, 1996).

Além disso, um fator importante que influencia o consumo de glicose durante a fermentação, além do tempo e temperatura do processo diz respeito à utilização de diferentes cepas de *S. cerevisiae*. Alves *et al.* (2011), avaliaram o uso de três diferentes cepas de *S. cerevisiae*, além da fermentação espontânea (sem adição de microrganismos ao mosto) para a produção de um fermentado de lichia. Estes autores concluíram que as amostras contendo as cepas UFLA CA1183 e UFLA CA11 levaram 9 dias para finalizar o processo fermentativo, enquanto a amostra com a cepa UFLA CA1174 e a amostra de fermentação espontânea finalizaram o processo em 19 dias.

Durante a fermentação a temperatura utilizada no processo exerce grande influência no tempo do processo, bem como na produção de etanol e de compostos secundários. A *S. cerevisiae* possui uma faixa de temperatura ampla de produção de etanol e formação de biomassa, com trabalhos da literatura relatando uma faixa ideal entre 18°C a 32°C (BESSA *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2010), conforme já demonstrado no Quadro 2. Roda *et al.* (2017)

empregaram a temperatura de 25 °C para fermentação alcoólica de suco de abacaxi. Enquanto Lin *et al.* (2012) estudaram a produção de etanol por *S. cerevisiae* em diferentes temperaturas e concluíram que temperaturas elevadas (acima de 50°C) inibiram o crescimento da levedura, com diminuição significativa da velocidade de fermentação. Em relação ao tempo de fermentação, este depende, além da temperatura, do tipo de fruta utilizada e do seu teor de açúcar (LUZÓN-QUINTANA; CASTRO; DURÁN-GUERRERO, 2021). Assim, diferentes tempos de fermentação têm sido descritos na literatura científica para mostos de diferentes frutas (Quadro 2). Segtowitz, Brunelli e Venturini Filho (2013) observaram um tempo de 30 dias de fermentação em suco de acerola, em condições não controladas de temperatura (ambiente). Por outro lado, Bessa *et al.* (2018) obtiveram um tempo de fermentação de 24 horas em um fermentado de melão amarelo ao empregar uma temperatura de 32°C.

Uma forma de acompanhar o processo fermentativo é através da avaliação periódica do teor de sólidos solúveis no mosto, já que à medida que o número de células de *S. cerevisiae* aumenta, ocorre um maior consumo de açúcares no meio. O fim do processo fermentativo pode ser pré-determinado (por um período de tempo específico), a partir da sua interrupção programada, quando se deseja obter uma bebida com característica mais doce e com menor teor alcoólico. Em um estudo conduzido por Tessaro *et al.* (2010) foi definido o período de 48 horas de fermentação de um mosto de laranja, contendo diferentes teores de sólidos solúveis iniciais (12,5°, 18° e 22° Brix) e ao final deste período o produto contendo 4,83%, 12% e 13,45% (m/v) de etanol respectivamente foi pasteurizado para cessar o processo fermentativo. No entanto, a maioria dos estudos avaliados nesta revisão determinou o fim da fermentação a partir da estabilização do teor dos SST (SILVA *et al.*, 2010; DIAS *et al.*, 2003; DANTAS; SILVA, 2017; BESSA *et al.*, 2018). Isto ocorre quando os açúcares fermentescíveis foram totalmente consumidos pela levedura e/ou quando a tolerância da levedura à concentração alcoólica presente no meio é excedida. Dependendo da cepa da levedura empregada, diferentes resultados são atingidos quanto à tolerância ao etanol (SARANRAJ *et al.*, 2017).

Após o término do processo fermentativo é realizada a trasfega da bebida, que consiste na transferência do líquido fermentado de um recipiente para outro com o objetivo de retirar as partículas sedimentadas no fundo do recipiente, como pectina, proteínas e microrganismos. Oliveira *et al.* (2015) realizaram trasfegas intercaladas com a refrigeração do mosto por um período de 24 horas entre a primeira e a segunda e 48 horas entre as seguintes para facilitar o

processo de sedimentação das partículas. Dantas e Silva (2017) realizaram o procedimento somente uma vez utilizando o sistema de sifonagem do líquido. Já Segtowick, Brunelli e Venturini Filho (2013) realizaram a primeira trasfega e em seguida os fermentados foram deixados em repouso por 30 dias, ao realizar a segunda trasfega foi adicionada bentonita (0,4g/L) para a clarificação da bebida e deixado em repouso por mais 15 dias para assim ser feita a terceira trasfega da bebida. Existem diferentes agentes clarificantes que podem ser aplicados para auxiliar a etapa de trasfega. Fontan *et al.* (2011) utilizou gelatina incolor e sem sabor (3,0 g L⁻¹) como clarificante no fermentado de melancia, já Alves *et al.* (2011) empregou bentonita (1 g L⁻¹ de uma solução estoque de 10% em água destilada) para clarificar o fermentado de lichia.

A filtração auxilia na eliminação de partículas que podem decantar ao fundo dos recipientes das bebidas, além da obtenção de um produto com maior limpidez (OLIVEIRA *et al.* (2015). Dias *et al.* (2003) submeteram um fermentado de cajá à filtração sob vácuo primeiramente em filtro de celulose e em seguida com o uso de terra diatomácea entremeadada a filtros de celulose. Por outro lado, Dantas e Silva (2017) realizaram a filtração de um fermentado de umbu com terra diatomácea e sob vácuo.

Após a etapa da filtração os fermentados alcoólicos de frutas podem ser envasados e submetidos opcionalmente a um processo de maturação, visando aumentar a complexidade aromática da bebida (RODA *et al.*, 2017). As etapas e a forma como as mesmas serão realizadas irá depender da escala de produção, dos equipamentos disponíveis, das características da fruta utilizada como matéria-prima e das características finais desejadas para o produto.

3.2.2 Características físico-químicas dos fermentados alcoólicos de frutas

Os fermentados de frutas devem seguir os padrões de identidade e qualidade recomendados pela Instrução Normativa Nº 34, de 29 novembro de 2012 (BRASIL, 2012), conforme apresentado na Tabela 2. Esta legislação também apresenta alguns padrões para fermentados específicos (fermentado de caju, de jabuticaba, de maçã e fermentado de fruta licoroso), que constam no Anexo A do presente trabalho. Além da instrução normativa, em

2021 foram estabelecidas as consolidações das normas relacionadas à produção e características de fermentados de fruta incluindo parâmetros analíticos, lista de contaminantes, aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia (BRASIL, 2021).

Tabela 2 - Padrões legais de identidade e qualidade para os fermentados de fruta

Parâmetro	Limite mínimo	Limite máximo
Acidez fixa, em mEq L ⁻¹	30	-
Acidez total, em mEq L ⁻¹	50	130
Acidez volátil, em mEq L ⁻¹	-	20
Anidrido sulfuroso total, em g L ⁻¹	-	0,35
Cloretos totais, em g L ⁻¹	-	0,5
Extrato seco reduzido, em g L ⁻¹	12	-
Graduação alcoólica, em % v/v a 20 °C	4	14
Pressão (atm) - gaseificado	2	3
Teor de açúcar, em g L ⁻¹	> 3 (suave)	≤ 3 (seco)

Fonte: Adaptada de Brasil (2012).

A acidez é um importante parâmetro de qualidade e conservação de bebidas alcoólicas, além de influenciar no desempenho da fermentação. Os ácidos orgânicos presentes nas bebidas contribuem para a formação do seu aroma e sabor. A acidez total é composta pela acidez fixa e volátil, que se diferenciam pelo nível de volatilização dos ácidos orgânicos em ebulição (HUTKINS, 2012). O principal composto que constitui a acidez volátil é o ácido acético, que pode ser formado durante processo fermentativo. A presença desse composto é desejada em baixos teores, pois em altas concentrações é indicativo de problemas de sanidade da bebida (AQUARONE, 2001). Bessa *et al.* (2018) avaliaram os valores de acidez total, acidez fixa e acidez volátil de fermentados de melão amarelo e melão cataloupe. Estes autores observaram que o fermentado de melão amarelo apresentou valores de acidez total e acidez fixa abaixo do mínimo permitido pela legislação ($23,9 \pm 0,89$ mEq L⁻¹ e $18,48 \pm 0,26$ mEq L⁻¹

respectivamente), enquanto o resultado de acidez volátil esteve dentro da faixa permitida ($4,59 \pm 0,38 \text{ mEq L}^{-1}$). Com relação ao fermentado de melão cataloupe, o resultado de acidez total estava em conformidade com os valores estabelecidos pela legislação brasileira ($53,10 \pm 1,36 \text{ mEq L}^{-1}$), enquanto os resultados de acidez fixa ($13,02 \pm 0,10 \text{ mEq L}^{-1}$) e de acidez volátil ($40,08 \pm 1,36 \text{ mEq L}^{-1}$) encontraram-se fora do estabelecido. Alves *et al.* (2011) analisaram a acidez fixa e a acidez volátil de quatro bebidas de lichia fermentadas com diferentes cepas de *S. cerevisiae* e uma amostra proveniente de fermentação espontânea. Todas as bebidas estiveram dentro dos parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa nº34, de 29 de novembro de 2012 com relação à acidez fixa, enquanto para a acidez volátil somente a amostra de bebida elaborada com as cepas UFLA CA1183 apresentou resultado dentro do permitido pela legislação ($18,25 \pm 1,30 \text{ mEq L}^{-1}$), enquanto as demais apresentaram valores acima de 20 mEq L^{-1} .

De acordo com a legislação brasileira, o fermentado de fruta é classificado como seco, quando apresentar teor de açúcar abaixo de 3 g L^{-1} e como suave, quando os valores estiverem acima deste valor (BRASIL, 2012). Duarte *et al.* (2009) elaboraram fermentados de gabioba utilizando *S. cerevisiae* comercial e a fermentação espontânea. Ao final do processo obtiveram como resultado $2,79 \text{ g L}^{-1}$ de açúcar para a bebida obtida por fermentação espontânea e $1,36 \text{ g L}^{-1}$ de açúcar na bebida fermentada com *S. cerevisiae*, sendo classificadas como bebidas secas. Da mesma forma, Alves *et al.* (2011) obtiveram concentrações de açúcar de $0,14$ e $0,9 \text{ g L}^{-1}$ em fermentados alcoólicos de lichia, o que caracteriza as bebidas como secas. Para a obtenção de uma bebida com característica suave, Segtowick *et al.* (2013) e Santos *et al.* (2021) realizaram o ajuste do teor de açúcares, com a adição do mesmo após a fermentação com o objetivo de alcançar o valor de cerca de 75 g L^{-1} de açúcares redutores totais no fermentado de acerola e 90 g L^{-1} no fermentado de maracujá da caatinga respectivamente.

De acordo com a mesma legislação, para a bebida ser caracterizada como fermentado alcoólico de fruta, deve apresentar teor alcoólico entre 4 e 14% (v/v) a 20°C , possibilitando a obtenção de bebidas com características bem distintas em relação aos parâmetros físico-químicos e sensoriais. O etanol é o principal metabólito da fermentação alcoólica, além de auxiliar na estabilidade das bebidas, afeta a viscosidade do produto, que está relacionada

com as características sensoriais dos fermentados (DUARTE *et al.*, 2010). Em um estudo conduzido por Panda *et al.* (2014) observou-se um valor de 8,23% (v/v) de teor alcoólico em uma bebida fermentada de sapotá, Já Asquieri, Rabêlo e Silva (2008) obtiveram um fermentado alcoólico de jaca com 13% (v/v) de álcool. As bebidas fermentadas de melão amarelo e cataloupe produzidas por Bessa *et al.* (2018) apresentaram teores alcoólicos de $6,80 \pm 0,04\%$ (v/v) e $5,03 \pm 0,18\%$ (v/v) respectivamente, gerando bebidas dentro do padrão previsto pela legislação.

Outro metabólito que pode ser formado no processo fermentativo é o metanol, que segundo Peinado *et al.* (2004) é proveniente da hidrólise enzimática dos grupos metoxila das pectinas durante a fermentação. Dessa forma, o teor de pectina presente na fruta utilizada como matéria-prima dos fermentados e o seu grau de maceração na preparação do mosto possivelmente influencia o teor de metanol no produto final.

Devido à complexidade na composição de fermentados alcoólicos, além dos metabólitos principais e dos que caracterizam sensorialmente a bebida, estes podem apresentar compostos que são estudados e conhecidos por proporcionar benefícios à saúde, os chamados compostos bioativos.

3.2.3 Potenciais compostos bioativos dos fermentados alcoólicos de frutas

De acordo com a legislação brasileira, as substâncias bioativas podem ser definidas como os nutrientes ou não nutrientes consumidos normalmente como componente de um alimento, que possuem ação metabólica ou fisiológica específica no organismo humano (BRASIL, 2018). Estas substâncias são produzidas naturalmente pelas plantas e desempenham papel importante, pois participam de diversos processos biológicos incluindo a formação de cor e sabor nos vegetais (YAHIA, 2018). A alegação de funcionalidade de um alimento se dá pela comprovação do papel fisiológico de nutrientes em funções do organismo humano, através de ensaios clínicos e evidências experimentais (GRANATO *et al.*, 2020). Segundo Yahia (2018), os metabólitos secundários presentes em frutas pertencem a diferentes classes químicas, incluindo pigmentos, vitaminas, compostos fenólicos, entre outros. Estes desempenham papel importante nas funções celulares, alterando a ativação de fatores de

transcrição que regulam a expressão de genes e alteram o metabolismo celular de diversas maneiras, estando relacionados à promoção da saúde (RODRIGUEZ-CASADO, 2016).

Um importante grupo de compostos bioativos são os polifenóis, que compreendem mais de 8.000 substâncias já identificadas e podem ser divididos em classes de acordo com sua estrutura química, como os ácidos fenólicos, estilbenos, cumarinas, ligninas e flavonóides, amplamente distribuídas em diferentes espécies vegetais (FALLER; FIALHO, 2009a). Estes compostos apresentam reconhecida atividade antioxidante, que atuam eliminando os radicais livres, reduzindo o estresse oxidativo e evitando a oxidação de biomoléculas (ALMEIDA *et al.*, 2011).

Neste sentido, o aumento da demanda mundial por alimentos contendo compostos bioativos, com sabor e aroma diferenciados, tem estimulado a caracterização química de frutos (CASTELUCCI; DA SILVA; SPOTO, 2020) e conseqüentemente o desenvolvimento de fermentados a partir destas matérias-primas.

Faller e Fialho (2009b) avaliaram o teor de polifenóis em seis frutas amplamente consumidas no Brasil (Tabela 3). Estes autores observaram que, para as frutas analisadas, o teor de polifenóis variou de 15,3 a 215,7 mg EAG 100g⁻¹ (base úmida), sendo que o mamão e a banana apresentaram o menor e o maior teor de polifenóis, respectivamente.

Tabela 3 - Teor de polifenóis totais em seis das principais frutas consumidas no Brasil.

Alimento	Valores médios de CFT *(mg EAG**100g⁻¹)
Abacaxi	85,1 ± 5,8
Banana	215,7 ± 3,5
Laranja	114,6 ± 1,3
Mamão	15,3 ± 0,3
Manga	110,5 ± 9,6
Tangerina	134,1 ± 6,5

Fonte: Faller e Fialho (2009b). *CFT= compostos fenólicos totais. EAG= equivalente de ácido gálico.

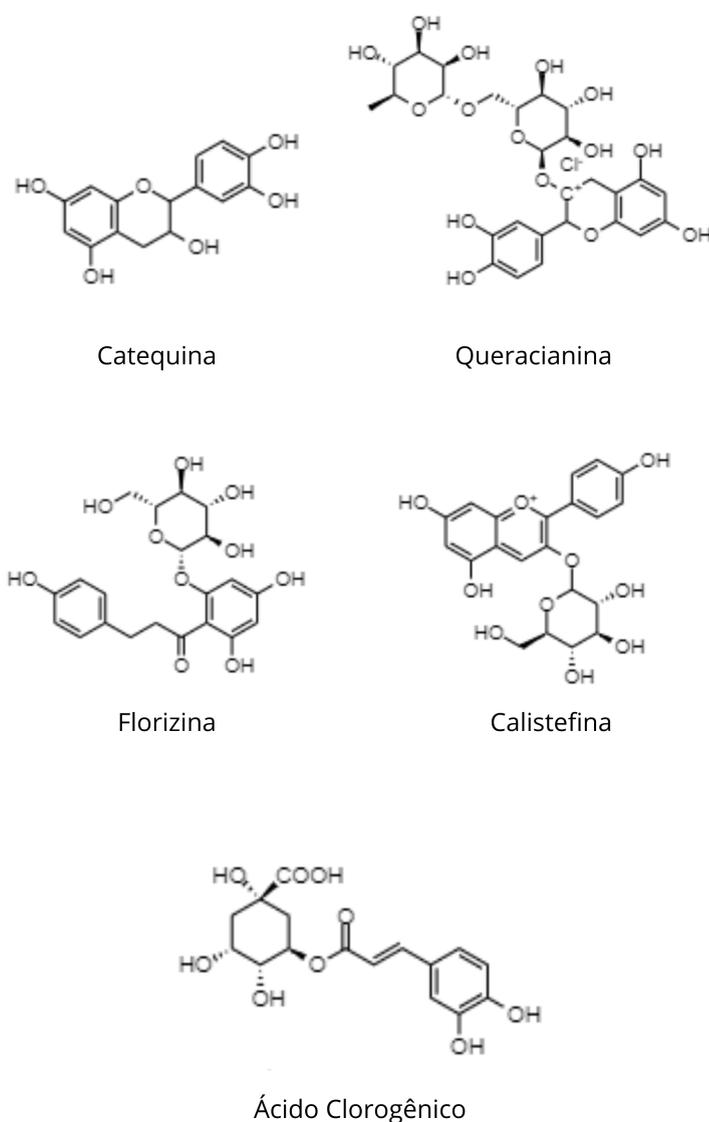
Além disso, frutas nativas brasileiras apresentam-se como promissoras para a exploração. Rocha *et al.* (2011) avaliaram a concentração de compostos fenólicos totais de 12 espécies de frutas nativas do Cerrado: três espécies de caju, guapeva, mama-cadela, cagaita, cambuçá, gabioba, jaracatiá, pêra-do-cerrado e duas espécies de pitanga-do-cerrado. Os resultados variaram entre 90 a 327 mg de EAG 100g⁻¹ de polpa, com valores expressivos para a gabioba (259-275 mg de EAG 100g⁻¹ de polpa), o cambuçá (157-285 mg EAG 100g⁻¹ de polpa) e a pitanga-do-cerrado (327±10 mg EAG 100g⁻¹ de polpa).

No entanto, após o processamento dos frutos, pode haver uma perda dos compostos como os polifenóis, por conta da presença de pectinas nas cascas que dificultam a extração desses compostos. Além disso, o teor de compostos fenólicos em bebidas fermentadas depende das condições do processamento, principalmente do tempo e da temperatura empregados nas etapas pré-fermentativas e fermentativas (TARKO *et al.*, 2020). A temperatura do processo fermentativo pode, além de influenciar na formação de etanol e metabólitos secundários, também estar relacionada com a extração de compostos fenólicos das cascas de frutas (MINA; TSALTAS, 2017). Além disso, vale destacar que o perfil e a concentração de compostos bioativos nas frutas utilizadas como matérias-primas de fermentados depende principalmente da espécie e cultivar, condições de cultivo, região geográfica, grau de maturação e dentre outros fatores (FALLER; FIALHO, 2009b; TARKO *et al.*, 2020).

Tarko *et al.* (2020) avaliaram os teores de polifenóis e atividade antioxidante de mostos e fermentados de cassis e de maçã, antes e durante uma digestão simulada *in vitro*. Os resultados mostraram que o mosto de maçã apresentou maiores quantidades de polifenóis, 30,92 mg / 100mL de equivalente de catequina (EC), quando comparado à bebida fermentada (22,27 mg / 100mL). No entanto, após o processo de digestão *in vitro* os valores encontrados foram de 99,68 mg / 100mL e 110,68 mg / 100mL para o mosto e o fermentado, respectivamente, indicando uma maior bioacessibilidade dos compostos para o produto fermentado. Perfil semelhante foi observado para as amostras de cassis. Já para a atividade antioxidante observou-se um aumento do valor em todas as amostras após o processo de digestão *in vitro*, o que provavelmente está relacionado com a transformação dos compostos fenólicos. O resultado foi relacionado com a metabolização de polifenóis glicosídeos, que é depende de fatores como a extração dos compostos da casca, da oxigenação durante a

maceração do fruto e a concentração de derivados desses polifenóis, que podem influenciar nas características sensoriais do fermentado de frutas pois interferem na cor e na adstringência. Os autores também avaliaram os compostos fenólicos individuais ao final do processo fermentativo da maçã e do cassis, com destaque para o ácido clorogênico e a catequina (bebida de maçã); florizina (bebida de maçã e de cassis); e queracianina e calistefina (presentes somente nos fermentado de cassis), conforme apresentado na figura 4.

Figura 4 – Principais compostos fenólicos encontrados nos fermentados de maçã e de cassis

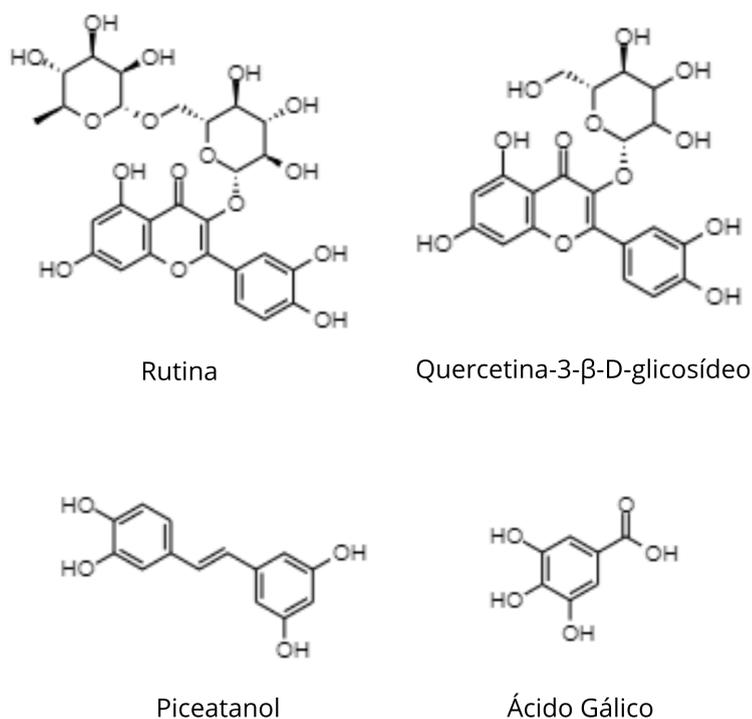


Fonte: Autor (2022).

Em uma pesquisa realizada por Juan *et al.* (2012), fermentados de três diferentes cultivares de amora (uma cultivar de *Morus atropurpurea* Roxb. e duas cultivares de *Morus multicaulis* Perr.) e mel foram avaliados quanto à composição bioativa. O estudo identificou que o fermentado elaborado com a cultivar *Morus atropurpurea* Roxb. Da 10 apresentou os maiores teores de compostos fenólicos totais, 1405,0 mg L⁻¹ de equivalente de ácido gálico (EAG) e flavonoides totais, 524,4 mg L⁻¹ de rutina equivalente (RE), já o teor de antocianinas totais não apresentou diferença significativa entre as amostras do cultivar *Morus atropurpurea* Roxb. Da 10 e o *Morus multicaulis* Perr. Hongguo2hao, 124,2 mg L⁻¹ e 107,5 mg L⁻¹ de cianidina 3-glicosídeo equivaente (CGE) respectivamente, em comparação às bebidas elaboradas com as demais cultivares.

Por outro lado, Santos *et al.* (2021) analisaram o perfil fenólico de fermentado de maracujá da caatinga. Dentre os ácidos fenólicos encontrados, o ácido gálico foi o que apresentou a maior concentração, com valores entre 3,08 mg L⁻¹ (bebida produzida com a fruta madura e diluída) a 7,07 mg L⁻¹ (bebida obtida a partir da no estágio intermediário de maturação e não diluída). Já dentre os flavonoides, o composto quercetina-3-β-D-glicosídeo e a rutina apresentaram os maiores valores (7,66 mg L⁻¹ e 4,37 mg L⁻¹ na bebida elaborada com a fruta madura e sem diluição). Os estilbenos foram os compostos observados em menores concentrações, e dentre esta classe, o composto que apresentou maiores concentrações foi o piceatannol (0,61 mg L⁻¹ na bebida elaborada com a fruta madura e sem diluição). As estruturas químicas destes compostos estão presentes na figura 5.

Figura 5 - Principais compostos fenólicos identificados no fermentado de maracujá da caatinga.



Fonte: Autor (2022).

Sartori *et al.* (2020) analisaram os compostos fenólicos totais, flavonoides totais e a composição de carotenóides da polpa e do fermentado alcoólico de feijoa (goiaba serrana), fruta nativa do sul do Brasil. Com relação aos compostos fenólicos totais uma diferença significativa entre os teores na polpa da fruta e o seu fermentado, onde a polpa apresentou maiores valores (176,22 mg EAG 100mL⁻¹ e 104,13 mg EAG 100mL⁻¹ respectivamente). Já os teores de flavonoides totais não apresentaram diferença significativa (0,11 mEq QE 100 mL⁻¹ na polpa de feijoa e 0,12 mEq QE 100 mL⁻¹ no fermentado) o que evidencia que o processo de produção da bebida não afetou a concentração destes compostos. Na polpa de feijoa os carotenóides identificados em maior quantidade foram (all)-trans-luteína e

β -criptoxantina (ambas a $0,019 \mu\text{g g}^{-1}$) seguidas do γ -caroteno ($0,010 \mu\text{g g}^{-1}$) no entanto no fermentado da fruta não foram identificados carotenóides, o que demonstrou a possível degradação dos compostos durante o processo produtivo.

No estudo de Souza *et al.* (2020) foram analisados os teores de compostos fenólicos totais e da capacidade antioxidante de fermentados de araçá-boi obtidos com a utilização de cinco diferentes cepas de *S. cerevisiae*. Quando referente à capacidade antioxidante as amostras BCE-I (produzida com a cepa Biolevito Cerevisiae) e BRO-I (produzida com a cepa Biolevito Rossofrutto) apresentaram os maiores valores ($589,4 \mu\text{M TE}$ e $583,3 \mu\text{M TE}$, respectivamente). No entanto, com relação ao teor de compostos fenólicos totais, os maiores valores foram obtidos na amostra ACU-I (produzida com a cepa Arom Cuvée) ($1048 \text{ mg EAG L}^{-1}$).

Apesar dos relevantes estudos relacionados ao potencial bioativo de bebidas alcoólicas fermentadas, ainda são escassas pesquisas onde são avaliados os efeitos fisiológicos *in vivo* dos compostos encontrados nos fermentados. Por conta da grande diversidade de espécies disponíveis para a elaboração desses produtos, ainda há um amplo campo de investigação do potencial benefício à saúde relacionado ao consumo dos mesmos.

4 CONCLUSÃO

Por conta da diversidade de frutas é possível obter uma grande variedade de fermentados alcoólicos. Além disso, os processos definidos para a elaboração da bebida podem influenciar significativamente a qualidade do produto final. Com relação ao potencial bioativo, este mostra-se relevante nos fermentados alcoólicos de frutas apresentados na literatura, mas também é dependente da fruta a ser utilizada como matéria-prima e a maior parte dos estudos têm focado na composição fenólica das bebidas. Ainda são escassos os estudos deste assunto, principalmente em bebidas elaboradas a partir de frutas nativas do Brasil e há espaço para se desenvolver pesquisas relacionadas ao tema, servindo como motivação ao consumo destes fermentados.

O mercado de fermentados alcoólicos de fruta, especialmente no Brasil, ainda é relacionado principalmente ao processamento da uva e da maçã. A partir da revisão apresentada neste trabalho conclui-se que é viável a elaboração de bebidas alcoólicas fermentadas utilizando uma ampla variedade de frutas, incluindo desde as frutas com maior produção no território brasileiro até frutas não convencionais e ainda pouco comercializadas no Brasil. Desta forma, a fermentação alcoólica de frutas mostra-se como uma alternativa de processamento viável em diferentes escalas de produção, com potencial de valorização de frutas nativas, uso de excedentes de produção, agregação de valor à matéria-prima e fonte de renda para pequenos produtores. Assim, este trabalho serve como incentivo aos estudos relacionados aos fermentados alcoólicos de diferentes frutas, com o objetivo de desenvolver o mercado e valorizar as frutas produzidas no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. M. B. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155–2159, 2011.
- ALVES, J. A. *et al.* Chemical, physical–chemical, and sensory characteristics of lychee (*Litchi chinensis* Sonn) wines. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 5, p. S330-S336, 2011.
- AQUARONE, E. *et al.* **Biotechnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos 1.ed.**. Blucher, 2001.
- ASQUIERI, E. R.; RABÊLO, A. M. S.; SILVA, A. G. M.. Fermentado de jaca: estudo das características físico-químicas e sensoriais. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 4, p. 881-887, 2008.
- BASTOS, R. G. **Tecnologia das fermentações: fundamentos de bioprocessos**. 2011.
- BESSA, M. A. D. *et al.* Bebida alcoólica fermentada de melão (*Cucumis melo* L.): processamento e caracterização. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.
- BEZERRA, V. S. Pós-colheita de frutos. **Embrapa Amapá-Documentos (INFOTECA-E)**, 2003.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 243, de 26 de julho de 2018. Dispõe sobre os requisitos para composição, qualidade, segurança e rotulagem dos suplementos alimentares e para atualização das listas de nutrientes, substâncias bioativas, enzimas e probióticos, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar destes produtos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 jul. 2018. n. 144, Seção 1, p. 100.
- BRASIL. Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014. Regulamenta a Lei no 7.678, de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2014.
- BRASIL. Instrução Normativa nº19, de 19 de março de 2020. Altera a complementação dos padrões de identidade e qualidade da sidra estabelecida pela instrução normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 mar. 2020.
- BRASIL. MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto Nº 6871, de 04 de junho de 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília 5 jun. 2009.
- BRASIL. MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Norma Interna DIPOV Nº 01/2019. Consolidação das Normas de Bebidas, Fermentado Acético, Vinho e Derivados da Uva e do Vinho. Brasília, DF, última atualização em 17/08/2021.
- BRASIL. MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano nacional de desenvolvimento da fruticultura. Brasília, 2018. Disponível em:

<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-lanca-plano-de-fruticultura-em-parceria-com-o-setor-privado>>. Acesso em: 5 jun. 2021.

BRASIL. Portaria no 64, de 23 de abril de 2008. Aprova os regulamentos técnicos para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas fermentadas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, v. 1, p. 9, 23 abr. 2008.

BRUNELLI, L. T.; ORSI, R. O.; VENTURINI FILHO, W. G. Hidromel. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2016. v. 1, p. 162-181.

CASTELUCCI, A. C. L.; DA SILVA, P. P. M.; SPOTO, M. H. F. Bioactive compounds and in vitro antioxidant activity of pulps from fruits from the Brazilian atlantic forest. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 42, n. 1, p. 1–8, 2020.

DA SILVA PEREIRA, A. *et al.* Produção de fermentado alcoólico misto de polpa de açaí e cupuaçu: aspectos cinéticos, físico-químicos e sensoriais. **Revista Brasileira de Tecnologia**, v. 8, n. 01, p. 1216-1226, 2014.

DA SILVA, J. L. A. *et al.* Utilização de abacaxi para elaboração de vinhos: avaliação físico química e aceitabilidade. **Holos**, v. 3, p. 108-118, 2010.

DANTAS, C. E. A.; SILVA, J. L. A. Fermentado alcoólico de umbu: Produção, cinética de fermentação e caracterização físico-química. **Holos**, v. 2, p. 108-121, 2017.

DE CARVALHO, J. E. U. Frutas da Amazônia na era das novas culturas. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém, PA. Anais... Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012., 2012.

DE GÓES-FAVONI, S. P. *et al.* Fermentação alcoólica na produção de etanol e os fatores determinantes do rendimento. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 4, p. 285-296, 2018.

DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F.; LIMA, L. C. O. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin* L.). **Food Science and Technology**, v. 23, n. 3, p. 342-350, 2003.

DIVOL, B.; DU TOIT, M.; DUCKITT, E. Surviving in the presence of sulphur dioxide: strategies developed by wine yeasts. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 95, n. 3, p. 601-613, 2012.

DUARTE, W. F. *et al.* Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabioba, jaboticaba and umbu. **LWT-Food Science and Technology**, v. 43, n. 10, p. 1564-1572, 2010.

FACHINELLO, J. C. *et al.* Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. SPE1, p. 109-120, 2011.

- FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. **Food Research International**, v. 42, n. 1, p. 210-215, 2009a.
- FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 43, p. 211-218, 2009b.
- FAVERO, D. M.; RIBEIRO, C. S. G.; DE AQUINO. Sulfitos: importância na indústria alimentícia e seus possíveis malefícios à população. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 1, p. 11-20, 2011.
- FONTAN, R. C. I. *et al.* Cinética da fermentação alcoólica na elaboração de vinho de melancia. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 2, 2011.
- GORAYEB, T. C. C. *et al.* ESTUDO DAS PERDAS E DESPERDÍCIO DE FRUTAS NO BRASIL. **Anais Sintagro**, v. 11, n. 1, 2019.
- GRANATO, D. *et al.* Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 11, n. 1, p. 3–26, 2020.
- GUPTA, J. K.; SHARMA, R. Production technology and quality characteristics of mead and fruity-honey wines: a review. **Natural Product Radiance**. v. 8, n. 4, p. 345–355, 2009.
- HAMINIUK, C. W. I. *et al.* Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 7, p. 1529–1537, 2011.
- HUTKINS, R. W. **Microbiology and technology of fermented foods 1st ed.** [S. l.]: Blackwell, 2006, 473 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE. 2017, 2018 e 2019.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 5 jun. 2021.
- JIANG, X.; LU, Y.; LIU, S. Q.. Effects of pectinase treatment on the physicochemical and oenological properties of red dragon fruit wine fermented with *Torulasporea delbrueckii*. **LWT-Food Science and Technology**, v. 132, p. 109929, 2020.
- JUAN, Chen *et al.* The profile in polyphenols and volatile compounds in alcoholic beverages from different cultivars of mulberry. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 4, p. C430-C436, 2012.
- KIST, B B. *et al.* **Anuário brasileiro de Horti&Fruti 2021**, Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2021. 104p. ISSN 2107-0897.

KÖHLER, M.; BRACK, P. Frutas nativas no Rio Grande do Sul: cultivando e valorizando a diversidade. **Revista Agriculturas**, v.13, p. 7-15, 2016.

LIMA, K. P. **Produção de vinagre como estratégia de aproveitamento tecnológico da amora-preta**: Avaliação do processo submerso e do processo lento. 2014. 115 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

LIMA, U. A. *et al.* Produção de etanol. In: LIMA, U.A. *et al.* **Biotecnologia Industrial**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2001. v. 3, p. 1-40.

LIMA, U. A. *et al.* **Biotecnologia Industrial 1.ed. Processos fermentados e enzimáticos**. São Paulo: Blucher, 2001, v. 3, 593 p.

LIN, Y. *et al.* Factors affecting ethanol fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* BY4742. **Biomass and bioenergy**, v. 47, p. 395-401, 2012.

LUZÓN-QUINTANA, L. M; CASTRO, R.; DURÁN-GUERRERO, E. Biotechnological Processes in Fruit Vinegar Production. **Foods**, v. 10, n. 5, p. 945, 2021.

MINA, M.; TSALTAS, D. Contribution of yeast in wine aroma and flavour. **Yeast-industrial applications**, 2017.

MWESIGYE, P. K.; BARFORD, J. P. Mechanism of sucrose utilisation by *Saccharomyces cerevisiae*. **The Journal of General and Applied Microbiology**, v. 42, n. 4, p. 297-306, 1996.

OLIVEIRA, J. P. M. *et al.* Produção de fermentado alcoólico de laranja. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 22, 2015.

PANDA, Sandeep K. *et al.* Fermentation of sapota (*Achras sapota* Linn.) fruits to functional wine. **Nutrafoods**, v. 13, n. 4, p. 179-186, 2014.

PARAPOULI, M. *et al.* *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. **AIMS microbiology**, v. 6, n. 1, p. 1, 2020.

PAULA, B. *et al.* Produção e caracterização físico-química de fermentado de umbu. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1688-1693, 2012.

PEINADO, R. A. *et al.* Gas chromatographic quantification of major volatile compounds and polyols in wine by direct injection. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 21, p. 6389-6393, 2004.

PEREIRA, M. C. *et al.* Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 12, p. 3061–3067, 2012.

RODA, A. *et al.* Metabolite profiling and volatiles of pineapple wine and vinegar obtained from pineapple waste. **Food Chemistry**, v. 229, p. 734–742, 2017.

RODRIGUEZ-CASADO, A. The Health Potential of Fruits and Vegetables Phytochemicals: Notable Examples. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 7, p. 1097–1107, 2016.

SANTOS, R. T. S. *et al.* Physicochemical characterization, bioactive compounds, in vitro antioxidant activity, sensory profile and consumer acceptability of fermented alcoholic beverage obtained from Caatinga passion fruit (*Passiflora cincinnata* Mast.). **LWT-Food Science and Technology**, v. 148, p. 111714, 2021.

SARANRAJ, P.; SIVASAKTHIVELAN, P.; NAVEEN, M. Fermentation of fruit wine and its quality analysis: a review. **Australian Journal of Science and Technology**, v. 1, n. 2, p. 85-97, 2017.

SARTORI, G. V. *et al.* Characterization of a Fermented Feijoa Beverage. **International Journal of Agriculture and Natural Resources**, v. 47, n. 1, p. 35–45, 2020.

SEGTOEWICK, E. C. S.; BRUNELLI, L. T.; VENTURINI FILHO, W. G.. Avaliação físico-química e sensorial de fermentado de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 2, p. 147-154, 2013.

SLAVIN, J. L.; LLOYD, B. **Health benefits of fruits and vegetables**. American Society for Nutrition. *Adv. Nutr* 3, p. 506-516, 2012.

SOUZA, A. C. L. *et al.* Alcoholic beverages from araçá-boi fruit: quantification of antioxidant compounds by NMR ERETIC2. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 12, p. 4733–4738, 1 dez. 2020.

BEZERRA, V. S. **Pós-colheita de frutos**. Embrapa Amapá-Documentos (INFOTECA-E), 2003.

TARKO, T.; DUDA-CHODAK, A.; SOSZKA, A.. Changes in Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Fruit Musts and Fruit Wines during Simulated Digestion. **Molecules**, v. 25, n. 23, p. 5574, 2020.

TESSARO, D. *et al.* Avaliação das fermentações alcoólica e acética para produção de vinagre a partir de suco de laranja. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 2, p. 201-205, 2010.

VIEIRA, R. F. *et al.* **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

VILLANO, D. et al. Influence of enological practices on the antioxidant activity of wines. **Food Chemistry**, v. 95, n. 3, p. 394-404, 2006.

YAHIA, E. M. **Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry and human health**. 2 nd. ed. Mexico: Willey Blackwell, 2018. 1505 p.

ANEXO A – Padrões legais de identidade e qualidade para os fermentados de caju e jaboticaba, fermentado de maçã, sidra, fermentado licoroso e fermentado de fruta composto

Fermentado de caju e fermentado de jabuticaba.

	Mínimo	Máximo	Classificação
Acidez fixa (meq/L)	30	---	---
Acidez total (meq/L)	50	130	---
Acidez volátil	---	20	---
Anidrido sulfuroso total (g/L)	---	0,35	---
Chaptalização (% de açúcares da fruta)	---	50	---
Cloretos totais	---	0,5	---
Extrato seco reduzido	7		---
Gradação alcoólica (% v/v a 20°C)	4	14	---
Pressão (atm)	2	3	Gaseificado
Teor de açúcar (g/L)	---	≤ 3	Seco
	> 3	---	Doce ou suave

Fonte: BRASIL (2012)

Fermentado de maçã

	Mínimo	Máximo	Classificação
Acidez fixa (meq/L)	30	---	---
Acidez total (meq/L)	50	130	---
Acidez volátil	---	20	---
Anidrido sulfuroso total (g/L)	---	0,35	---
Chaptalização (em % de açúcares da fruta)	---	30	---
Chaptalização (em teor alcoólico % v/v)	---	3,5	---

Cloretos totais	---	0,5	---
Extrato seco reduzido	7		---
Gradação alcoólica (% v/v a 20°C)	4	14	---
Pressão (atm)	2	3	Gaseificado
Teor de açúcar (g/L)	---	≤ 3	Seco
	> 3	---	Doce ou suave

Fonte: BRASIL (2012)

Sidra

	Mínimo	Máximo	Classificação
Acidez total (meq/L)	50	130	---
Acidez volátil	---	30	---
Anidrido sulfuroso total (g/L)	---	0,35	---
Cloretos totais	---	0,5	---
Extrato seco reduzido (g/L)	15		---
Gradação alcoólica (% v/v a 20°C)	---	0,5	Sidra sem álcool
Gradação alcoólica (% v/v a 20°C)	4	8	---
Metanol (mg/L)	---	400	---
Pressão (atm)	2	8	---
Teor de açúcar (g/L)	---	30	Sidra Seca ou Dry
	30,1	50	Sidra Meio Seco
	50,1	100	Sidra Suave ou Doce

Fonte: BRASIL (2012)

Fermentado de fruta licoroso

	Mínimo	Máximo	Classificação
Acidez fixa (meq/L)	30	---	---
Acidez total (meq/L)	50	130	---
Acidez volátil	---	20	---
Anidrido sulfuroso total (g/L)	---	0,35	---
Cloretos totais	---	0,5	---
Extrato seco reduzido	7		---
Gradação alcoólica (% v/v a 20°C)	14	18	---
Quantidade de fermentado de fruta (% de volume)	90	---	---
Teor de açúcar (g/L)	---	≤ 20	Seco
	> 20	---	Doce ou suave

Fonte: BRASIL (2012)

Fermentado de fruta composto

	Mínimo	Máximo	Classificação
Acidez fixa (meq/L)	30	---	---
Acidez total (meq/L)	50	130	---
Acidez volátil	---	20	---
Anidrido sulfuroso total (g/L)	---	0,35	---

Cloretos totais	---	0,5	---
Extrato seco reduzido	7		---
Gradação alcoólica (% v/v a 20°C)	15	20	---
Quantidade de fermentado de fruta (% de volume)	70	---	---
Quantidade de álcool etílico potável de origem agrícola (% de volume)	---	10	---
Teor de açúcar (g/L)	---	≤ 20	Seco
	> 20	---	Doce ou suave

Fonte: BRASIL (2012)