

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

MICHELLY PONTES TAVARES VIEIRA

**HIDROMEL: UMA REVISÃO SOBRE ASPECTOS DE PRODUÇÃO,
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, SENSORIAIS, POTENCIAL BIOATIVO
E DE MERCADO DA BEBIDA**

Florianópolis

2021

MICHELLY PONTES TAVARES VIEIRA

**HIDROMEL: UMA REVISÃO SOBRE ASPECTOS DE PRODUÇÃO,
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, SENSORIAIS, POTENCIAL BIOATIVO
E DE MERCADO DA BEBIDA**

Trabalho de 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.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Carlise Beddin Fritzen Freire

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Vieira, Michelly Pontes Tavares

Hidromel: uma revisão sobre aspectos de produção, características físico-químicas, sensoriais, potencial bioativo e de mercado da bebida / Michelly Pontes Tavares Vieira ; orientador, Carlise Beddin Fritzen Freire, 2021. 47 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2. hidromel. 3. Saccharomyces cerevisiae. 4. fermentação alcoólica . 5. compostos bioativos . I. Freire, Carlise Beddin Fritzen. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

Michelly Pontes Tavares Vieira

**HIDROMEL: UMA REVISÃO SOBRE ASPECTOS DE PRODUÇÃO,
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, SENSORIAIS, POTENCIAL BIOATIVO
E DE MERCADO DA BEBIDA**

Este Trabalho de 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 maio de 2021.

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. Itaciara Larroza Nunes
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª.Dr^ª. Renata Dias de Mello Castanho Amboni
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer à Universidade Federal de Santa Catarina que me proporcionou viver esta fase extraordinária.

A todos os professores e a todas as pessoas que contribuíram e contribuem para a minha formação tanto profissional, quanto pessoal.

Agradeço imensamente à minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Carlise Beddin Fritzen Freire, a qual me deu a chance de aprender e trabalhar no laboratório de Compostos Bioativos/Frutas e Hortaliças de 2017 até o momento atual. Agradeço por toda dedicação e paciência comigo ao longo desse caminho e principalmente na elaboração do TCC.

A todas as mestrandas e doutorandas do laboratório que se disponibilizaram a me ajudar e a me ensinar, trocando diversas experiências diariamente. Em especial a Bruna, Carlen e Carol, as quais foram fundamentais durante a minha formação científica e na execução desse trabalho.

Agradeço a Prof^ª. Dr^ª. Carmen Müller por todas as trocas de conhecimento, por todo apoio e força, mas principalmente por me ensinar a me questionar sempre!

Agradeço em especial as minhas parceiras de laboratório e sala de aula, Jana, Natália, Lica, Japa, Núbia e Brenda que foram fundamentais dentro e fora do laboratório, tornando a vivência de faculdade mais leve e divertida.

Agradeço à minha Vó Ana Maria, à minha mãe Patricia e ao meu tio Júnior, que são extremamente importantes para mim, os quais sempre me deram muita força, incentivo e apoio.

Agradeço a todos os meus amigos e a todos aqueles que surgiram durante a minha vida acadêmica, obrigada a todos, com certeza contribuíram para formar quem eu sou hoje.

Eterna gratidão!

RESUMO

O hidromel é uma bebida alcoólica fermentada à base de mel, produzida e consumida desde a antiguidade, principalmente pelos países Europeus. O processo de fermentação é realizado a partir do metabolismo das leveduras, sendo as mais empregadas as do gênero *Saccharomyces*, gerando etanol e diferentes metabólitos secundários. A elaboração desta bebida conta, basicamente, com as etapas de preparação do mosto, inoculação das leveduras, fermentação e maturação. A qualidade do produto final, que é determinada pela sua composição físico-química e sensorial, depende diretamente dos ingredientes utilizados, bem como das características da cepa de levedura e das condições do processo fermentativo e de maturação. No preparo do mosto, podem ser realizadas adições de ervas, frutas, especiarias, dentre outros ingredientes, que diferenciam o produto, com o intuito de gerar bebidas mais complexas e exóticas, possibilitando melhorar as suas propriedades sensoriais e o seu potencial bioativo. Desta forma, estas adições podem resultar em modificações no teor de compostos fenólicos do hidromel e na sua capacidade antioxidante. Assim, este trabalho de conclusão de curso apresenta uma revisão da literatura que teve como objetivo coletar informações sobre o hidromel, com enfoque nas etapas de elaboração do produto, características físico-químicas, sensoriais e potencial bioativo, além de avaliar os aspectos de mercado e realizar um levantamento sobre as patentes depositadas em base de dados nacional e internacional desta bebida.

Palavras-chave: Hidromel. *Saccharomyces cerevisiae*. Fermentação Alcoólica. Compostos bioativos.

ABSTRACT

Mead is a fermented honey based alcoholic beverage, produced and consumed since ancient times, throughout the European continent. The process of fermentation is executed by yeasts, mostly *Saccharomyces*, generating ethanol and different secondary metabolites. The process of making the beverage consists of four stages: wort preparation, yeast inoculation, fermentation and maturation. The quality of the final product, provided by its physical-chemical and sensorial composition, depends directly on the ingredients used, as well as the characteristics of the yeast strain and the conditions of the fermentation and maturation. In the preparation of the wort, herbs, fruits, spices, and other ingredients can be added in order to generate more complex and exotic characteristics, making it possible to improve its sensorial properties and its bioactive potential. The addition of those ingredients can result in changes of the content of phenolic compounds in the mead and in its antioxidant properties. Thus, this graduate final paper in Food Science presents a review of the literature that aimed to collect relevant information about mead, focusing on the stages of the production, physical-defined characteristics, chemical, sensorial and bioactive potential, in addition to assessing the marketing aspects and performing a survey about patents placed in national and international databases.

Keywords: Mead. *Saccharomyces cerevisiae*. Alcoholic fermentation. Compounds bioactive.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do processo de elaboração do hidromel.	22
Figura 2 - Exemplo de sistema laboratorial de fermentação alcoólica.....	24
Figura 3 - Hidromel pronto para o consumo.	25
Figura 4 - Ação de mecanismo das leveduras na conversão da glicose em etanol.....	26
Figura 5 - Número de depósitos distribuídos por países no Espacenet® e no INPI.....	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de hidromel conforme os ingredientes utilizados.	14
Quadro 2 - Denominação da bebida hidromel em diferentes países.	15
Quadro 3 - Ingredientes, adjuntos e aditivos usados nos mostos durante a elaboração de hidroméis de diferentes países.	19
Quadro 4 - Condições de elaboração de hidroméis pesquisadas em artigos disponíveis na literatura.	27
Quadro 5 - Principais ésteres encontrados no hidromel e seus respectivos aromas.	31
Quadro 6 - Teor de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante de diferentes tipos de hidromel.	34

LISTA TABELAS

Tabela 1 - Limites mínimos e máximos dos parâmetros legais brasileiros para a produção de hidromel.....	29
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo geral	12
1.1.2 Objetivos específicos	12
2 METODOLOGIA	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 DEFINIÇÃO E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO HIDROMEL	14
3.2 INGREDIENTES UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DO HIDROMEL.....	16
3.2.1 Água	16
3.2.2 Mel	16
3.2.3 Leveduras	18
3.2.4 Demais ingredientes/adjuntos adicionados no hidromel	18
3.3 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DO HIDROMEL	21
3.3.1 Processo Fermentativo do Hidromel	25
3.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA BEBIDA	29
3.5 CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DO HIDROMEL.....	30
3.6 POTENCIAL BIOATIVO DO HIDROMEL.....	32
3.7 ASPECTOS DE MERCADO E LEVANTAMENTO DE PATENTES DO HIDROMEL.....	34
4 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Utilizado desde a antiguidade, o mel é um alimento muito reconhecido pelas suas propriedades nutricionais e funcionais (ISLA *et al.*, 2011), sendo amplamente empregado em setores da indústria na área de alimentos, fármacos e cosméticos (ARAÚJO *et al.*, 2020). É constituído por carboidratos, proteínas, minerais, lipídios, ácidos orgânicos, compostos fenólicos, vitaminas, entre outros componentes (IGLESIAS *et al.*, 2014; RAMALHOSA *et al.*, 2011), sendo que alguns desses compostos são capazes de conferir ao mel características potencialmente funcionais, propiciando benefícios adicionais à saúde, além de suas funções nutricionais básicas (WONG; LAI; CHAN, 2015). No entanto, sua composição é modificada de acordo com a origem botânica, as condições ambientais e o próprio processamento em que for submetido (SERRALHO *et al.*, 2019). Além disso, o mel serve como base para o desenvolvimento de inúmeros produtos, entre eles o hidromel (AKALIN; BAYRAM; ANLI, 2017; FEY *et al.*, 2020).

O hidromel é uma bebida alcoólica produzida ainda em pequena escala, na maior parte das vezes de forma empírica (PEREIRA *et al.*, 2017). Tradicionalmente, essa bebida é produzida com mel, água e leveduras, que são inoculadas no mosto e realizam o processo fermentativo (WILLEY; JUTZI; TOMASINO, 2018). Entretanto, a fim de gerar bebidas com características químicas e sensoriais mais complexas e diversificadas, o mosto de hidromel, que corresponde ao mel diluído em água, pode ser acrescido de ingredientes diferenciados (DE OLIVEIRA *et al.*, 2020). Fatores como, a origem do mel, as cepas de leveduras utilizadas, os aditivos e insumos incorporados ao mosto, além das etapas de elaboração e condições do processo fermentativo, determinam a qualidade e a composição da bebida (GAGLIO *et al.*, 2017).

Apesar do hidromel ser uma bebida produzida desde a antiguidade, poucas publicações abordam inovações na produção deste produto, dificultando os avanços tecnológicos na sua elaboração, bem como o conhecimento da influência de diferentes condições de processo na qualidade química e aceitação sensorial da bebida. Desta forma, este trabalho de revisão bibliográfica buscou contribuir com o conhecimento na área de bebidas fermentadas, realizando uma compilação de dados publicados recentemente na literatura sobre a produção do hidromel e assim apresentar informações sobre a sua composição físico-química, química e propriedades sensoriais, bem como explorar alguns aspectos de mercado e investigar em bases de patentes o potencial tecnológico desta bebida.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi realizar uma revisão sobre o hidromel, coletando informações sobre esta bebida com enfoque nas etapas de elaboração, características físico-químicas, sensoriais e potencial bioativo, além de aspectos de mercado.

1.1.2 Objetivos específicos

- Apresentar a definição do hidromel e os principais ingredientes empregados na elaboração da bebida;
- Descrever as etapas envolvidas na elaboração do hidromel, com ênfase no processo fermentativo;
- Abordar as características físico-químicas e sensoriais da bebida;
- Avaliar o potencial bioativo do hidromel;
- Expor os dados de consumo e as potencialidades do mercado consumidor de hidromel;
- Realizar levantamento sobre as patentes depositadas em base de dados nacional e internacional desta bebida.

2 METODOLOGIA

Para obter uma busca aprofundada sobre o tema da revisão bibliográfica foram utilizadas as seguintes bases de dados para a busca de artigos científicos: *Science Direct*, *Scopus*, *Scielo*, *Wiley Library*, *Google Scholar*, *Pubmed/Medline*. Além disso, foram consultados livros, teses e dissertações disponíveis em várias plataformas de busca *online*, incluindo BU/UFSC, BU/USP, EMBRAPA, entre outros. Para as buscas não foram estabelecidos limites quanto ao período ou ano de publicação. Foram utilizados termos e combinações de palavras, tanto em português quanto em inglês, aplicando uma busca simples, com as seguintes palavras-chave: “hidromel”, “fermentação alcoólica”, “compostos bioativos”, “*mead*”, “*fermentation alcoholic*”, “*honey fermentation*”, “*bioactive compounds*”. A coleta dos materiais foi realizada entre os meses de novembro de 2020 e abril de 2021.

A busca de patentes foi realizada nas bases de dados *European Patent Office* (Espacenet®) e Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI- Brasil). Os dados foram coletados no mês de março de 2021. A pesquisa buscou informações relacionadas à produção de hidromel, sendo utilizadas para a busca as palavras-chave “hidromel” e “*mead*”.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DEFINIÇÃO E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO HIDROMEL

O hidromel é uma bebida alcoólica proveniente da fermentação do mel diluído em água (ARAÚJO *et al.*, 2020), sendo comum a adição de outros ingredientes como ervas, especiarias e/ou frutas, com o objetivo de originar bebidas com características químicas e sensoriais diferenciadas (DE OLIVEIRA *et al.*, 2020). Em virtude disso, surgem algumas classificações quanto aos tipos de hidromel, em função dos ingredientes adicionados (Quadro 1) (DE QUEIROZ *et al.*, 2014).

Quadro 1 - Tipos de hidromel conforme os ingredientes utilizados.

Tipos de Hidromel	Ingredientes
<i>Melomel</i>	Hidromel adicionado de frutas
<i>Cyser</i>	Hidromel adicionado de maçã e/ou suco de maçã
<i>Pymment</i>	Hidromel adicionado de uvas e/ou suco de uvas
<i>Hippocras</i>	<i>Pymment</i> com temperos
<i>Metheglin</i>	Hidromel aromatizado com ervas e/ou temperos
<i>Braggot</i>	Hidromel adicionado de cereais maltados
<i>Rhodomel</i>	Hidromel adicionado de pétalas de rosas
<i>Morat</i>	Hidromel adicionado de amoras
<i>Capsicumel</i>	Hidromel adicionado de pimentas

Fonte: Adaptado de Gupta e Sharma (2009).

O hidromel é relatado como uma das bebidas fermentadas mais antigas do mundo, sendo produzido a milhares de anos, antes mesmo do vinho e da cerveja (IGLESIAS *et al.*, 2014). Ainda que os produtos obtidos através do mel sejam conhecidos em larga escala mundialmente, o hidromel é mais consumido nos países europeus (MATTIETTO *et al.*, 2006). Acredita-se que esta bebida tenha origem africana, e que mais tarde, a produção tenha se dissipado por toda a Europa (IGLESIAS *et al.*, 2014). Atualmente, o hidromel é uma bebida conhecida em diversos países e apresenta diferentes denominações, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Denominação da bebida hidromel em diferentes países.

Nome	País
<i>Aguamiel</i>	Espanha
<i>Hidromel</i>	Brasil/França/Portugal
<i>Idromele</i>	Itália
<i>Madhu</i>	Índia
<i>Mead</i>	Estados Unidos
<i>Mede</i>	Holanda
<i>Medu</i>	Alemanha
<i>Miòd</i>	Polônia

Fonte: Adaptado de Solorb (2019).

De acordo com a legislação brasileira (decreto n°. 6871 de 4 de julho de 2009), o hidromel é definido como a bebida com graduação alcoólica de quatro a quatorze por cento em volume, a 20°C, obtida pela fermentação alcoólica de solução de mel de abelha, sais nutrientes e água potável (BRASIL, 2009). O teor alcoólico do hidromel está diretamente relacionado à quantidade de açúcar da bebida, e isto determinará o tipo de hidromel, podendo ser classificado como seco ou suave (BRASIL, 2012). Além disso, pode ser elaborado utilizando diferentes proporções de mel diluído em água (ex. 1:0,5, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4), resultando em características distintas à bebida (AKALIN; BAYRAM; ANLI, 2017). Vale destacar, que as características do produto são dependentes de diversos fatores, dentre eles o tempo de fermentação, a graduação alcoólica desejada, além da quantidade e qualidade do mel empregado para a elaboração da bebida (MILESKI, 2016).

Neste sentido, a composição química dos hidroméis é influenciada diretamente pelo tipo de mel utilizado, bem como por outros ingredientes/adjuntos adicionados ao mosto, que tendem a alterar a sua composição, à medida que ocorrem os processos de fermentação e de maturação (ŠVECOVÁ *et al.*, 2015). Assim, a composição química do hidromel é muito variável, podendo apresentar, além do etanol, outros compostos como ácidos orgânicos, vitaminas, minerais e polifenóis (ESTEVINHO *et al.*, 2008; SVECOVÁ *et al.*, 2015).

3.2 INGREDIENTES UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DO HIDROMEL

O processo de elaboração de uma bebida alcoólica depende de diversos fatores como os ingredientes, microrganismos e aditivos utilizados, além das condições de fermentação e maturação (GUPTA; SHARMA, 2009). Tradicionalmente, o hidromel é produzido a partir de três ingredientes: água, mel e levedura. Porém pode ser acrescido de outros insumos como ervas, especiarias, frutas, entre outros (KAWA-RYGIELSKA *et al.*, 2019), que podem ser adicionados no mosto a partir da substituição parcial da água, com diferentes proporções, dependendo do tipo de bebida que se deseja obter (PEREIRA *et al.*, 2013).

3.2.1 Água

A água é o ingrediente majoritário do hidromel, sendo de grande relevância a certificação da qualidade desta matéria-prima para ser utilizada na fabricação da bebida. A água deve preencher certos requisitos para que possa ser empregada na fabricação de bebidas alcoólicas fermentadas, por exemplo: estar livre de turbidez, pH controlado e estar dentro dos padrões microbiológicos desejados (ROSA; AFONSO, 2015).

Segundo a Instrução Normativa n° 34, de 29 de novembro de 2012, que aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade das Bebidas Fermentadas, entre elas o hidromel, ressalta-se que a água usada na elaboração dessa bebida a base de mel deve obedecer às normas e aos padrões aprovados pela legislação específica para água potável e estar condicionada, exclusivamente, à padronização da graduação alcoólica do produto final (BRASIL, 2012). Assim, a água deve se apresentar incolor, inodora, potável, transparente e livre de qualquer sabor e aroma, e caso seja utilizada água de rede pública, a mesma deve ser filtrada com o auxílio do carvão ativado para a eliminação do cloro, visto que o excesso de cloro prejudica sensorialmente a bebida e o seu processo fermentativo (BRUNELLI; IMAIZUMI; VENTURINI FILHO, 2017).

3.2.2 Mel

O mel é um alimento comumente utilizado em todo o mundo desde os primórdios, tanto como fonte alimentar como na medicina tradicional, sendo até hoje amplamente empregado nos setores alimentícios, farmacêuticos e na área de cosméticos (ARAÚJO *et al.*,

2020). Assim, o mel é utilizado como matéria-prima base para a obtenção de uma grande variedade de alimentos e bebidas, inclusive as alcoólicas, como o hidromel (STAROWICZ; GRANVOGL, 2020).

De acordo com a Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000 o mel é o produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas de plantas, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam madurar nos favos da colmeia (BRASIL, 2000). A composição do mel está relacionada com diferentes fontes florais, espécies de abelhas, condições climáticas e ambientais, bem como o tipo de processamento do produto. Os méis podem ser classificados em relação a sua origem como, méis florais ou méis de melato. Os florais, mais abundantes, são oriundos de néctares de flores, e são classificados em monofloral, quando oriundos de uma única flor, ou multifloral ou silvestre, quando o néctar é oriundo de diferentes origens florais (BRASIL, 2000). Já os méis de melato são provenientes, principalmente, das secreções das partes vivas das plantas ou das excreções dos insetos sugadores de plantas que se encontram sobre elas (CAMPOS *et al.*, 2003).

Sua composição baseia-se em uma solução saturada de açúcar, sendo que a glicose e a frutose são os açúcares predominantes, além de outros compostos como enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, vitaminas, minerais, flavonoides e ácidos fenólicos (DA SILVA *et al.*, 2016). Alguns destes compostos podem conferir ao mel características potencialmente funcionais, fornecendo benefícios adicionais à saúde, além de suas funções nutricionais básicas (WONG; LAI; CHAN, 2015). Como por exemplo, os flavonoides e os ácidos fenólicos, que são os compostos fenólicos que predominam no mel e que apresentam a sua atividade antioxidante associada à capacidade destes compostos em sequestrar radicais livres, formando moléculas mais estáveis (CIANCIOSI *et al.*, 2018).

Embora o mel seja considerado a matéria-prima principal para a obtenção do hidromel, influenciando diretamente nas características físico-químicas e sensoriais do produto (RAMALHOSA *et al.*, 2011), a seleção dos microrganismos adicionados também é de extrema importância, pois desempenha um papel fundamental na conversão eficiente do açúcar em etanol (GAGLIO *et al.*, 2017).

3.2.3 Leveduras

As leveduras são fungos pertencentes ao Reino *Fungi*, sendo o principal gênero o *Saccharomyces* (MILESKI, 2016). As leveduras se apresentam na forma unicelular, com reprodução por brotamento ou gemulação, e se multiplicam rapidamente devido a sua maior relação área/volume, além de serem facilmente diferenciadas das bactérias pelas suas dimensões e características morfológicas (CARVALHO; BENTO; SILVA, 2006). Esses organismos exercem papel fundamental na indústria alimentícia, principalmente nos setores de panificação e na produção de diferentes bebidas alcoólicas (ESTEVINHO, 2015).

As cepas de leveduras escolhidas para a elaboração de hidromel estão diretamente relacionadas às características sensoriais desejadas para a bebida. O etanol é o principal componente produzido pelas leveduras ao longo da fermentação, no entanto, os compostos responsáveis por conferir sabor e aroma à bebida são formados no metabolismo secundário destes microrganismos (GUERRA, 2010).

Para a fermentação do hidromel geralmente são empregadas cepas do gênero *Saccharomyces*, que também podem ser empregadas na produção de vinhos, cervejas e espumantes (SCHULLER; CASAL, 2005). Esse gênero é composto por sete espécies: *S. bayanus*, *S. cariocanus*, *S. cerevisiae*, *S. kudriavzevii*, *S. mikatae*, *S. paradoxus* e *S. pastorianus* e dentre essas citadas, as mais conhecidas pelas suas atuações em fermentações de bebidas alcoólicas são as *S. cerevisiae* e *S. bayanus* (LE JEUNE *et al.*, 2007).

Assim, para a fabricação do hidromel, as cepas utilizadas na produção desses fermentados alcoólicos devem conferir alta velocidade na fermentação, tolerar elevadas concentrações de etanol, de açúcares e de ácidos orgânicos, apresentar alto poder flocculante, além de formar compostos de sabor e aroma desejáveis (BRUNELLI; ORSI; VENTURINI FILHO, 2016).

3.2.4 Demais ingredientes/adjuntos adicionados no hidromel

Com o intuito de aumentar a variedade de hidroméis e melhorar o processo fermentativo, gerando bebidas diferenciadas, outros ingredientes/adjuntos podem ser adicionados ao mosto (DE OLIVEIRA *et al.*, 2020; OLIVEIRA NETO, 2013). O Quadro 3 apresenta uma compilação de trabalhos da literatura, de diversos países, que empregaram diferentes ingredientes, adjuntos e aditivos para a elaboração de hidromel.

Quadro 3 - Ingredientes, adjuntos e aditivos usados nos mostos durante a elaboração de hidroméis de diferentes países.

País	Adições no mosto	Levedura	Referência
Brasil	Extrato de levedura, extrato de malte, peptona, MgCl ₂ , (NH ₄) ₂ SO ₄ , (NH ₄) ₂ HPO ₄ , polpa de acerola	<i>S. cerevisiae</i> cepa AWRI 796	Amorim <i>et al.</i> , 2018.
Eslováquia	Vitamon Ultra salt®	<i>S. cerevisiae</i> C11-3	Navrátil; Sturdík; Gemeiner, 2001.
Eslováquia	Sem aditivos	<i>Saccharomyces</i>	Šmogrovicová <i>et al.</i> , 2012.
Eslovênia	(NH ₄) ₂ SO ₄ , KH ₂ PO ₄ , MgCl ₂ , C ₆ H ₈ O ₇ , NaH ₂ C ₆ H ₅ O ₇ , Vit. B7, Vit. B6, C ₆ H ₁₂ O ₆ , Vit. B5, Vit. B1 e peptona	<i>S. bayanus strain</i> R2 (Lalvin)	Vidrih; Hribar, 2007.
Espanha	K ₂ S ₂ O ₅ e pólen	<i>S. cerevisiae</i> , ENSIS-LE5®	Roldán <i>et al.</i> , 2011.
Estados Unidos	Um análogo do mel (38% de frutose, 30% de glicose, 10% de maltose e 2% de sacarose) diluído com H ₂ O	<i>S. cerevisiae</i> (LD Carlson)	Winterstee; Andrae; Engeseth, 2005.
Índia	C ₆ H ₁₂ O ₆ , extrato de levedura, peptona, MgSO ₄ , ZnSO ₄ e KH ₂ PO ₄	<i>S. cerevisiae</i>	Qureshi; Tamhane, 1985.
Nigéria	H ₂ SO ₃ e SO	Fermento de padeiro seco	Ukpabi, 2006.
Polônia	Xaropes de dente-de-leão e frutos de <i>chokeberry</i> , pó de sementes de uva	<i>Saccharomyces bayanus</i>	Kawa-Rygielska <i>et al.</i> , 2019.
Polônia	(NH ₄) ₂ HPO ₄ e C ₆ H ₈ O ₇	<i>S. cerevisiae</i> , Johannisberg-Riesling (JR)	Sroka; Tuszyński, 2007.
Portugal	(NH ₄) ₂ HPO ₄	<i>S. cerevisiae</i> (QA23 e ICV D47)	Pereira <i>et al.</i> , 2014.
Portugal	K ₂ C ₄ H ₄ O ₆ , C ₄ H ₆ O ₅ e (NH ₄) ₂ HPO ₄	<i>S. cerevisiae</i> UCD522	Mendes-Ferreira <i>et al.</i> , 2010.
Portugal	Nutrientes comerciais e SO ₂	<i>S. bayanus</i> PB2002	Gomes <i>et al.</i> , 2013.
Portugal	K ₂ C ₄ H ₄ O ₆ , C ₄ H ₆ O ₅ e (NH ₄) ₂ HPO ₄	<i>S. cerevisiae</i> Lalvin QA23 e <i>S. cerevisiae</i> Lalvin ICV D47	Pereira <i>et al.</i> , 2013.

Fonte: Adaptado de Iglesias *et al.* (2014).

A deficiência de nitrogênio e de alguns minerais na composição do mel é fator problemático na elaboração do hidromel (GUPTA; SHARMA, 2009) e por isso, adições de alguns tipos de nutrientes são necessários para que o crescimento microbiano e a fermentação ocorram adequadamente (PIATZ, 2014), com destaque para fosfato de amônio, tartarato de potássio, sulfato de magnésio e zinco. Além disso, o ajuste da acidez com adição de ácidos orgânicos (principalmente cítrico, málico e tartárico), pode ser feito, propiciando um melhor equilíbrio entre a doçura e a acidez, além de um aumento da capacidade tamponante do mosto (CHEN *et al.*, 2013), evitando a diminuição da atividade da levedura ao longo da fermentação (RAMALHOSA *et al.*, 2011).

Alguns aditivos conservantes também são frequentemente empregados no mosto antes da fermentação do hidromel, como o metabissulfito de sódio ou de potássio, que são empregados com o intuito de prevenir a contaminação por bactérias e outras leveduras que possam interromper a fermentação ou promover o processo oxidativo (GUPTA; SHARMA, 2009; RIBEREAU-GAYON *et al.*, 2006). O mesmo ocorre com a adição do dióxido de enxofre, podendo ser acrescido ao mosto na forma de gás anidrido sulfuroso e ácido sulfuroso (RIBEREAU-GAYON *et al.*, 2006).

Alguns estudos têm abordado a influência da adição de frutas, ervas e especiarias para a elaboração de hidroméis, a fim de avaliar a cinética de fermentação e as características do produto. Anunciação *et al.* (2017) desenvolveram um hidromel com adição de polpa de tamarindo. Estes autores observaram que a adição desta polpa resultou no aumento da produtividade volumétrica em etanol assim como da viabilidade celular das leveduras no processo. Já Costa *et al.* (2017) elaboraram uma bebida mista de mel de abelha com morango e concluíram que a utilização de morango para a produção de hidromel foi uma opção viável e promissora, respeitando os padrões exigidos pela legislação e contribuindo para a qualidade sensorial do produto. Sousa, Dias e Teixeira (2018) produziram um hidromel artesanal com adição de acerola orgânica a fim de avaliar as características sensoriais da bebida e a intenção de consumo, sendo que os resultados foram positivos, apresentando elevada aceitação pelos consumidores. Por outro lado, Cavanholi (2020) utilizou diferentes extratos aquosos de erva-mate no mosto do hidromel e verificou a influência positiva destas adições na composição fenólica total e atividade antioxidante da bebida.

3.3 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DO HIDROMEL

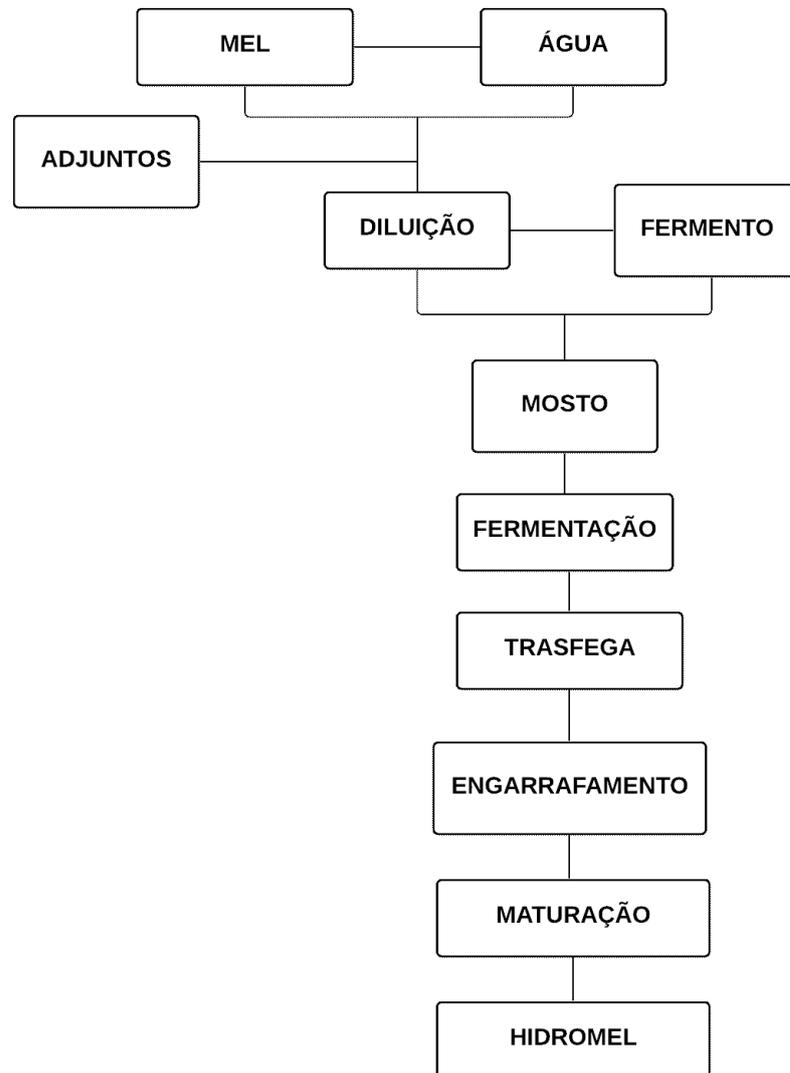
De modo geral, o processo de elaboração do hidromel compreende cinco etapas: preparação do mosto e das leveduras, fermentação, trasfega/clarificação, engarrafamento e maturação (MATTIETTO *et al.*, 2006; SANTOS; OLIVEIRA; CAPUCI, 2018), conforme apresentado na Figura 1.

A condução do processo fermentativo é normalmente realizada de forma descontínua/batelada (GUPTA; SHARMA; 2009). Vale destacar que modificações nas etapas finais de elaboração do hidromel (trasfegas, engarrafamento e maturação) podem ocorrer, dependendo da infraestrutura disponível e das características desejadas para o produto.

No início do processo, o mel é diluído em água com proporções variáveis em virtude do tipo de hidromel que se deseja obter, sendo comum o mosto apresentar valores de sólidos solúveis totais entre 20 e 25 °Brix. Após a diluição podem ser adicionados outros ingredientes e suplementos nutricionais a base de nitrogênio, minerais, vitaminas ou ácidos, objetivando estimular o crescimento da levedura e conseqüentemente uma melhor fermentação (ROLDÁN *et al.*, 2011).

Em seguida, essa mistura de água e mel pode ser submetida à pasteurização, antes da fermentação, a fim de reduzir a sua carga microbiana. Escriche *et al.* (2014) relatam que essa etapa auxilia numa fermentação mais controlada, porém, existe a possibilidade de causar a degradação de alguns componentes bioativos termolábeis oriundos do mel. No entanto, um estudo realizado por Wintersteen, Andrae e Engeseth (2005) avaliou os efeitos causados pelo tratamento térmico no mosto e a sua relação com a atividade antioxidante e compostos voláteis do hidromel. Os autores realizaram dois tipos de tratamento térmico nos mostos (60°C por 30 minutos e 100°C por 10 minutos), concluindo que estes tratamentos não influenciaram a capacidade antioxidante da bebida, porém, o mosto submetido à maior temperatura apresentou uma elevação no teor de compostos fenólicos totais.

Figura 1 - Etapas do processo de elaboração do hidromel.



Fonte: Adaptado de Starowicz e Granvogl (2020).

Contudo, outras medidas de conservação vêm sendo amplamente recomendadas, a fim de preservar os compostos químicos do mosto e suas características sensoriais, como por exemplo, a adição de sais de metabissulfito de sódio ou potássio, que formam dióxido de enxofre, podendo inibir ou até mesmo eliminar a grande maioria dos contaminantes (ROLDÁN *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2015).

Na sequência, as leveduras são ativadas e adicionadas ao mosto para que se dê início ao processo fermentativo. De acordo com Garlet *et al.* (2015), as leveduras podem ser ativadas de diferentes formas, sendo comum um processo conhecido como pé de cuba, que corresponde à mistura de geralmente 10% do volume do mosto previamente pasteurizado com o fermento, mantendo-se a mistura em uma temperatura de 20°C por 24 horas em recipiente

fechado. Vale salientar que o teor de sólidos solúveis e a concentração de leveduras iniciais no mosto são fatores que determinam o tempo de fermentação da bebida (FERRAZ, 2015; FREITAS *et al.*, 2017). Assim, devido à maior complexidade da etapa de fermentação durante a elaboração do hidromel, este processo será abordado de forma mais detalhada no item 3.3.1 da revisão bibliográfica.

O fim da fermentação é atingido quando o teor de sólidos solúveis totais/densidade permanecem constantes, indicando a necessidade de filtração da bebida, a fim de retirar as partículas em suspensão depositadas no fundo do fermentador (borra) (MATSUO; STEFFEN, 2018). No entanto, a fermentação também pode ser interrompida quando se deseja obter uma bebida com característica doce e com menor teor alcoólico (GOMES, 2010). Após a fermentação, o líquido irá para a etapa de trasfega e opcionalmente clarificação, sendo que o tempo e o número de trasfegas realizadas ficam a critério do produtor, podendo variar de acordo com a metodologia de elaboração (uso de agente clarificante, temperatura empregada) e características desejadas para a bebida (BRUNELLI; ORSI; VENTURINI FILHO, 2016). Contudo, é recomendável, inserir após a etapa de trasfega, uma etapa de clarificação, que normalmente é feita por meio de uma filtração, centrifugação ou por adição de agentes clarificantes, como a argila bentonita (IGLESIAS *et al.*, 2014) e neste caso, os sólidos insolúveis da bebida são removidos por sedimentação (GUPTA; SHARMA, 2009).

Vale ressaltar que no processo industrial de fabricação do hidromel a fermentação ocorre em equipamentos de maior escala, geralmente tanques de aço inoxidável, com controle de temperatura e pressão (GARLET *et al.*, 2015). Já em escala laboratorial, o processo geralmente é feito de forma mais artesanal, em recipientes de vidro ou plástico adaptados, contendo dispositivos (rolhas, *airlock*, mangueiras) para a liberação de gás carbônico formado durante a fermentação (Figura 2) (MATTIETTO *et al.*, 2006).

Figura 2 - Exemplo de sistema laboratorial de fermentação alcoólica.



Fonte: Orientador do autor (2019).

Por fim, o hidromel é engarrafado e submetido à maturação ou envelhecimento onde ocorre o desenvolvimento e transformação dos compostos aromáticos da bebida (FEY *et al.*, 2020; MENDES-FERREIRA *et al.*, 2010). Em alguns casos, a maturação do hidromel pode ocorrer antes do envase, em tonéis de madeira, permanecendo em repouso por um determinado tempo, com o intuito de agregar valor ao produto e melhorar as propriedades sensoriais, sendo esta etapa opcional (FEY *et al.*, 2020). No entanto, de acordo com alguns estudos a maturação pode levar semanas, meses ou até mesmo anos (BORTOLI *et al.*, 2013; GARLET *et al.*, 2015; RAMALHOSA *et al.*, 2011).

A Figura 3 apresenta uma imagem de hidromel engarrafado e pronto para o consumo.

Figura 3 - Hidromel pronto para o consumo.



Fonte: Piatz (2014).

Apesar do processo de elaboração do hidromel ser de fácil execução, esta bebida apresenta problemas de uniformização, relacionados principalmente à fermentação lenta (SCHWARZ *et al.*, 2020), carência de nutrientes para as leveduras (PEREIRA *et al.*, 2015), baixa capacidade de tamponamento do mel e utilização de leveduras inadequadas (PEREIRA *et al.*, 2009).

Visto isso, é de extrema relevância o conhecimento do processo de fermentação do hidromel, para verificar as melhores condições de elaboração da bebida.

3.3.1 Processo Fermentativo do Hidromel

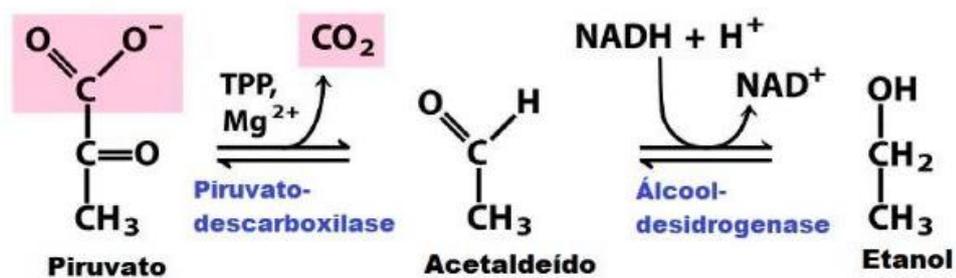
Quando microrganismos convertem açúcares em etanol e dióxido de carbono, temos a ocorrência de um processo biológico conhecido como fermentação alcoólica (CAVALIERI *et al.*, 2002). No caso do hidromel, esse processo pode ser afetado por diversos fatores, conferindo falta de uniformidade ao produto final (IGLESIAS *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2015).

As leveduras adicionadas na fabricação do hidromel, normalmente são pertencentes ao gênero *Saccharomyces* (SCHULLER; CASAL, 2005). As leveduras desse gênero são microrganismos anaeróbios facultativos, dando-lhes a capacidade de suportar condições de

aerobiose e anaerobiose. Portanto, as condições do meio irão determinar as vias metabólicas utilizadas. Na fermentação alcoólica, as leveduras produzem etanol com maior eficiência em anaerobiose (SANTOS *et al.*, 2010).

A *Saccharomyces cerevisiae*, espécie mais utilizada no processo de fermentação do hidromel, metaboliza a glicose e a frutose durante a via Embden-Meyerhof, dando origem a duas moléculas de piruvato (Figura 4). Em seguida, o acetaldeído é obtido pela descarboxilação do piruvato, o qual posteriormente é reduzido a etanol, pela enzima álcool-desidrogenase, ao mesmo tempo em que acontece a oxidação da coenzima NADH (MĂRGĂOAN *et al.*, 2020; MENDES-FERREIRA *et al.*, 2010; RAMALHOSA *et al.*, 2011).

Figura 4 - Ação de mecanismo das leveduras na conversão da glicose em etanol.



Fonte: Nelson e Cox (2014).

Assim, o processo de fermentação ocorre basicamente em duas etapas, primeiramente pela glicólise, caracterizada pela conversão da glicose em piruvato mediante 10 reações enzimáticas. Já a segunda etapa é a própria fermentação alcoólica, onde a partir do ácido pirúvico é formado o etanol, sem a presença de oxigênio (BATISTA, 2017).

Desta forma, o tempo de fermentação é dependente dos ingredientes utilizados no mosto, bem como a diluição empregada e o tipo de levedura (NAVRÁTIL; STURDÍK; GEMEINER, 2001; SROKA; TUSZYŃSKI, 2007). A temperatura também é um fator importante do processo, ditando a velocidade da fermentação (MĂRGĂOAN *et al.*, 2020). Para a levedura *S. cerevisiae*, a faixa de temperatura ótima para o desempenho da sua atividade é entre 20 e 30°C, enquanto temperaturas inferiores a 15°C estão associadas a reduções significativas na sua velocidade (BRUNELLI; ORSI; VENTURINI FILHO, 2016).

O Quadro 4 apresenta algumas condições de fermentação do hidromel empregadas por diferentes trabalhos da literatura.

Quadro 4 - Condições de elaboração de hidroméis pesquisadas em artigos disponíveis na literatura.

Tipo de mel	SST/ Proporção mel:água	Levedura	Temp. (°C)	Tempo de ferment. (dias)	Referência
Trigo sarraceno	21° Brix	<i>S. cerevisiae</i>	22	14	Wintersteen; Andrae; Engeseth, 2005.
Soja	21° Brix	<i>S. cerevisiae</i>	22		
Tangerina	1:3	<i>S. cerevisiae</i> W4 <i>S. cerevisiae</i> K7 <i>S. cerevisiae</i> ET99	25	Não informado	Teramoto; Sato; Ueda, 2005.
Mandioca	5:9	Fermento seco de padeiro	25-26	21	Ukpabi, 2006.
Castanha, limão e melada (<i>honeydew</i>)	25° Brix	<i>S. bayanus</i> cepa R2 (Lalvin)	15	24	Vidrih; Hribar, 2007.
Cana-de- açúcar	20° Brix	<i>S. cerevisiae</i> (Lalvin k1- 1116)	22	17	Morales; Alcarde; Angelis, 2013.
Ervilhaca chinesa, mel de trevo, mel de limão, mel de acácia	1:4	<i>S. cerevisiae</i> W-4	15	15	Katoh <i>et al.</i> , 2011.

SST: sólidos solúveis totais.

Fonte: Adaptado de Starowick e Granvogl (2020).

Alguns estudos foram realizados com o intuito de otimizar o tempo de fermentação e aumentar a qualidade da bebida. Pereira *et al.* (2009) notaram que o tempo de fermentação do hidromel é dependente da suplementação com minerais, assim quando o nitrogênio foi adicionado ao mosto, possibilitou finalizar o processo em torno de oito dias. Já o estudo produzido por Mendes-Ferreira *et al.* (2010) foi realizado adicionando ao mosto bitartarato de potássio, ácido málico e fosfato de diamônio, com a finalidade também de reduzir o tempo de fermentação, conseguindo obter o objetivo proposto após 11 dias de fermentação.

O pH do mosto é um dos parâmetros de extrema importância durante a fermentação do hidromel, pois pode afetar diretamente as condições de crescimento da levedura, bem

como o desenvolvimento de subprodutos (BRITO, 2015). No mosto em fermentação, as leveduras são capazes de sintetizar ácidos orgânicos, que em conjunto com CO₂ dissolvido acarreta em uma rápida diminuição do pH do meio (SROKA; TUSZYŃSKI, 2007; TAHERZADEH; NIKLASSON; LIDEN, 1997). De acordo com alguns estudos (HERNÁNDEZ; SERRATO; QUICAZAN, 2015; MENDES-FERREIRA *et al.*, 2010; ŠMOGROVIČOVÁ *et al.*, 2012; SROKA; TUSZYŃSKI, 2007), os ácidos orgânicos dominantes presentes em diferentes tipos de hidromel, formados durante a fermentação e responsáveis pelo aumento da acidez são: ácido succínico, ácido glucônico e ácido acético, mas outros ácidos também podem ser formados durante esta etapa, inclusive variando suas concentrações ao longo da fermentação. Segundo Sroka e Tuszyński (2007), valores de pH abaixo de 4,0 são desejáveis na fermentação, pois minimizam o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis no sistema. Por outro lado, mostos com valores de pH abaixo de 3,0 podem resultar em uma interrupção da fermentação, devido às condições estressantes e desfavoráveis para a levedura e conseqüentemente levando a formação de produtos indesejados (PEREIRA *et al.*, 2017).

Outro ponto importante que afeta a fermentação do hidromel diz respeito à limitação de nutrientes no meio. Mesmo que o hidromel seja obtido através de uma matéria-prima com elevada concentração de açúcar, esse fermentado alcoólico sofre dificuldades com relação à técnica de fermentação empregada e da própria composição química do mel, que carece de nutrientes necessários para o desenvolvimento da levedura (DA SILVA *et al.*, 2016; KAWA-RYGIELSKA *et al.*, 2019; SCHWARZ *et al.*, 2020). No mel, o teor de nitrogênio é significativamente baixo, variando em torno de 0 a 0,13% e este se apresenta na forma de aminoácidos (BALL, 2007). Visto isso, a baixa quantidade de nitrogênio disponível no mel, que é um dos precursores necessário para o crescimento da levedura (MĂRGĂOAN *et al.*, 2020), pode impactar de forma negativa a fermentação (SROKA; TUSZYŃSKI, 2007). De acordo com Morales, Alcarde e Angelis (2013), substratos com deficiência de nitrogênio e fósforo podem prolongar a fermentação, e como consequência, pode ocorrer à autólise das leveduras, deixando o hidromel vulnerável à contaminação bacteriana. Diante desses possíveis problemas, é importante que o hidromel tenha condições controladas e nutrientes suficientes, para obtenção de um produto de qualidade.

3.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA BEBIDA

A avaliação da qualidade dos hidroméis pode ser realizada a partir do acompanhamento de diferentes parâmetros, como teor de açúcares (açúcares redutores), hidroximetilfurfural (HMF) e acidez (OUCHEMOUKH *et al.*, 2010). A glicose e a frutose, que são monossacarídeos presentes em abundância no mel, também estão presentes nos hidroméis (CAVIA *et al.*, 2002). De acordo com a legislação brasileira, o hidromel é classificado como seco, quando apresentar teor de açúcar abaixo de 3g/L e como suave, quando os valores estiverem acima deste patamar (BRASIL, 2012). Em relação ao HMF, esse é um composto indesejável, frequentemente encontrado no mel, podendo ser formado pela reação de *Maillard*, na degradação de açúcares (BILUCA *et al.*, 2014; KHALIL; SULAIMAN; GAN, 2010) e também quando armazenados por períodos longos (TORNUK *et al.*, 2013). Esse produto intermediário é um indicador de que houve excesso de tratamento térmico, implicando no frescor da bebida (DA SILVA *et al.*, 2016).

Os parâmetros físico-químicos do hidromel, em especial a acidez, apresentam grande relevância na qualidade da bebida, pois estão relacionados ao desempenho da fermentação, aos atributos sensoriais, além da sua estabilidade (TÔRRES *et al.*, 2011). Com relação à acidez volátil, não é desejável que seja elevada, pois pode ser um indicativo de contaminação por bactérias acéticas, com a produção de ácido acético (SEGTOVIC; BRUNELLI; VENTURINI FILHO, 2013).

A Tabela 1 apresenta os padrões legais para o hidromel conforme estabelecido na Instrução Normativa nº 34 de 29 de novembro de 2012 (BRASIL, 2012).

Tabela 1 - Limites mínimos e máximos dos parâmetros legais brasileiros para a produção de hidromel.

Parâmetros	Limite mínimo	Limite máximo
Acidez fixa, em meq/L	30	-
Acidez total, em meq/L	50	130
Acidez volátil, em meq/L	-	20
Anidrido sulfuroso total, em g/L	-	0,35
Cinzas, em g/L	1,5	-
Cloretos totais, em g/L	-	0,5
Extrato seco reduzido, em g/L	7	-
Graduação alcoólica em % v/v a 20°C	4	14

Fonte: Adaptada de Brasil (2012).

O principal produto da fermentação do hidromel é o etanol. No entanto, dependendo da sua concentração na bebida, este composto pode promover o estresse microbiano e inibir o metabolismo da levedura e a continuidade do processo fermentativo (STANLEY *et al.*, 2010; DE LA TORRE-GONZÁLEZ *et al.*, 2020). De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2012), o hidromel pode apresentar entre 4 e 14% de graduação alcoólica, possibilitando a obtenção de bebidas com características bem distintas em relação aos parâmetros físico-químicos e sensoriais. Em uma pesquisa conduzida por Dantas *et al.* (2018), os hidroméis produzidos no estudo apresentaram teor alcoólico entre e 10,77 a 11,18%, concluindo que as leveduras conseguiram se adaptar às condições do mosto e geraram bebidas dentro do padrão previsto.

3.5 CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DO HIDROMEL

Os atributos sensoriais das bebidas fermentadas a base de mel variam de acordo com diferentes fatores, como por exemplo, o tipo de mel, diluição e levedura, a adição ou não de outros insumos ao mosto, além da tecnologia de fabricação empregada (STAROWICZ; GRANVOGL, 2020).

De acordo com Mendes-Ferreira *et al.* (2010), o perfil sensorial dos hidroméis está relacionado principalmente com a sua composição volátil, incluindo compostos como: álcoois, ésteres, aldeídos, ácidos carboxílicos, entre outros, que estão associados à qualidade da matéria-prima, condições de fermentação e maturação. Peepall *et al.* (2019) destacam que a escolha do microrganismo utilizado para a fermentação atua influenciando na sensação da bebida na boca, no aroma e no sabor. É durante a fermentação, através do metabolismo das leveduras, que os ésteres são formados caracterizando aromas do tipo “frutados” e “florais”, que constituem a maior fração do aroma das bebidas alcoólicas (ŠMOGROVIČOVÁ *et al.*, 2012). Ao contrário, os fenóis geralmente estão associados à formação de sabores indesejáveis (STAROWICZ; GRANVOGL, 2020).

Os principais ésteres encontrados nos hidroméis (MILESKI, 2016) estão apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Principais ésteres encontrados no hidromel e seus respectivos aromas.

Nome do éster	Aroma
Acetato de etila	Solvente; Frutado; Abacaxi.
Butanoato de etila	Maçã; Banana; Doce; Frutado
Hexanoato de etila	Banana; Abacaxi; Frutado; Maçã verde; Doce.
Octanoato de etila	Frutado; Banana; Abacaxi; Damasco; Vinho; Floral.
Nonanoato de etila	Frutado.
Decanoato de etila	Maçã; Conhaque, Uva; Frutado.
Dodecanoato de etila	Frutado; Floral.

Fonte: Adaptado de Mileski (2016).

Uma pesquisa dirigida por Mendes-Ferreira *et al.* (2010) teve a finalidade de avaliar a composição aromática do hidromel e o impacto das condições de fermentação nas características sensoriais da bebida. Através da análise feita por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas foram identificados dezesseis compostos aromáticos, principalmente ésteres e álcoois, produzidos durante a fermentação pelas leveduras. Em virtude disso, cabe reforçar que a escolha da cepa é essencial para a composição do perfil volátil, bem como os ingredientes utilizados no mosto, conferindo diferentes aromas à bebida.

Wintersteen, Andrae e Engeseth (2005) avaliaram o efeito do tratamento térmico nos compostos voláteis de hidromel de trigo sarraceno. Estes autores observaram que o hidromel submetido a uma temperatura mais elevada apresentou maior teor de compostos voláteis totais (129,99mg/L) do que o hidromel submetido ao tratamento térmico menos intenso (109,42mg/L). A diferença nesses valores pode estar relacionada aos compostos formados pela reação de *Maillard*. Assim, o efeito da temperatura pode contribuir positivamente ou negativamente para o produto final, uma vez que foi identificada a formação do composto 4-metilfenol, no hidromel submetido ao tratamento térmico mais elevado, o qual possui odor fenólico desagradável.

Desta forma, estudos têm demonstrado que alguns constituintes voláteis indesejáveis também podem ser produzidos durante a fabricação do hidromel (IGLESIAS *et al.*, 2014; PEREIRA *et al.*, 2015; SERRA-CAYUELA *et al.*, 2013). Pereira *et al.* (2015) identificaram como contribuintes para o sabor estranho e desagradável, o acetato de etila, ácido hexanóico e ácido octanóico, os quais eram de amostras de hidroméis provenientes da fermentação com células imobilizadas.

Švecová *et al.* (2015) relatam que o sabor e o aroma característico de cada hidromel dependem também dos ingredientes complementares inseridos na formulação base do mosto. Em um estudo realizado por Roldán *et al.* (2011), o hidromel foi adicionado de pólen em diferentes concentrações (10, 20, 30, 40 e 50g/L), com o intuito de avaliar as características sensoriais da bebida. As amostras com 30g/L e 40g/L de pólen foram altamente aceitáveis, com elevadas notas para o sabor e o aroma. Os autores observaram também que os hidroméis com 40 e 50g/L foram considerados mais doces, enquanto a amostra controle e o hidromel com 30g/L de pólen foram considerados mais ácidos.

3.6 POTENCIAL BIOATIVO DO HIDROMEL

A origem botânica do mel e os ingredientes adicionais utilizados para a produção do hidromel influenciam sua composição química, bem como o perfil dos compostos fenólicos e a sua atividade antioxidante (CZABAJ *et al.*, 2017; ESTEVINHO *et al.*, 2008; PYRZYNSKA; BIESAGA, 2009; ŠVECOVÁ *et al.*, 2015). Estes parâmetros podem variar dependendo do tipo de mel, condições ambientais da região produtora e adição de ácidos orgânicos (STAROWICZ; GRANVOGL, 2020). Por outro lado, parâmetros como o processamento tecnológico, fermentação, tratamento térmico e armazenamento também influenciam o perfil de compostos fenólicos (KAHOUN *et al.*, 2008).

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos, metabólitos secundários das plantas, é atribuída principalmente às suas propriedades redutoras e estrutura química (SOUSA *et al.*, 2007), com capacidade de reduzir ou inibir a propagação das reações de oxidação, capturando a forma reativa do oxigênio (SOCHA *et al.*, 2015). A presença destes compostos nos alimentos também está relacionada à promoção de benefícios à saúde dos humanos, principalmente em relação à ação antibacteriana e anti-inflamatória (GUTIÉRREZ-GRIJALVA *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Alguns dos compostos fenólicos são transferidos das plantas para o mel através das abelhas (*Apis mellifera*) (KAHOUN *et al.*, 2008) e apesar de existirem muitos estudos sobre o perfil fenólico e a atividade antioxidante de diferentes méis, poucas informações são encontradas sobre o hidromel.

Socha *et al.* (2015) identificaram os seguintes compostos fenólicos nos hidroméis estudados: ácido gálico, protocatecuico e vanílico (ácidos hidroxibenzóicos) e ácido clorogênico, caféico, p-cumárico e ácido ferúlico (ácidos hidroxicinâmicos). Estes autores concluíram que a adição de suco de frutas, extratos de ervas, nozes ou amêndoas às amostras

de hidromel durante o processo de fabricação, mesmo em pequenas concentrações, aumentou a composição fenólica da bebida. Já Švecová *et al.* (2015) ao analisar 22 amostras de hidroméis comerciais tchecos, observaram que os compostos fenólicos individuais eram distintos entre as amostras, sendo que os ácidos sirínico e vanílico foram encontrados em todas as amostras, e o ácido gálico foi identificado em 17 amostras.

No estudo de Dantas *et al.* (2019), que avaliou o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante de três tipos de hidromel adicionados de polpas de frutas, foi observado que os hidroméis com polpa de araçá e jabuticaba obtiveram elevado teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, em comparação ao hidromel controle. Kawa-Rygielska *et al.* (2019) ao analisarem o teor de compostos fenólicos totais em hidroméis com semente de uva observaram um aumento destes compostos após a fermentação, de 15mg EAG/100mL para 24mg EAG/100mL, sendo o ácido gálico e as procianidinas os principais constituintes, os quais foram provenientes das sementes de uvas acrescidas ao mosto. Assim, pode-se verificar que a utilização de diferentes tipos de mel, bem como a adição de outros ingredientes possui grande influência na composição bioativa do hidromel.

As propriedades antioxidantes do hidromel também têm sido relacionadas à cor dos méis e dos mostos (SOCHA *et al.*, 2015). Assim, méis de tons mais escuros geralmente possuem maior concentração de compostos fenólicos e minerais quando comparados com méis mais claros (ALVAREZ-SUAREZ *et al.*, 2010; FRANKEL; ROBINSON; BERENBAUM, 1998). Tanto a coloração do mel como a atividade antioxidante, são associadas com a presença dos compostos fenólicos, especialmente quando estão complexados a metais (SANT'ANA *et al.*, 2013). Estevinho *et al.* (2008) confirmaram essa relação entre a atividade antioxidante e composição fenólica, obtendo maior atividade nas amostras de méis mais escuros, em comparação aos mais claros.

Outro aspecto a ser considerado quanto à produção de compostos bioativos em bebidas alcoólicas está relacionado ao metabolismo das leveduras. Guerrini *et al.* (2018) observaram que o desenvolvimento de alguns compostos promotores à saúde, além dos compostos fenólicos presentes na própria matriz, são oriundos da cepa utilizada na fermentação alcoólica, sendo que das seis linhagens distintas de *Saccharomyces cerevisiae* (Lalvin BM45[®], Lalvin EC1118[®], Premium[®] Zinfandel, Zymaflore VL1[®], *S. cerevisiae* R6 e *S. cerevisiae* P8) adicionadas nesse estudo, a BM45 foi a que apresentou maior produção de todos os compostos bioativos (glutaciona, hidroxitirosol, melatonina, triptofol e tirosol).

O Quadro 6 apresenta diferentes tipos de hidromel em função da sua atividade antioxidante e o teor de compostos fenólicos totais.

Quadro 6 - Teor de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante de diferentes tipos de hidromel.

Tipo de hidromel	CFT (EAG mg/100mL)	Atividade Antioxidante	Referência
Hidromel comercial	310,0	16,0*	Gupta; Sharma (2009)
Hidromel caseiro de mel de soja	16,4	7,1*	
Hidromel de mel de trigo sarraceno	30,1	3,8*	
Hidromel de mel de soja	16,7	3,4*	
Hidromel de mel de ervilhaca chinesa	10,0	71**	Koguchi; Saigusa; Teramoto (2012)
Hidromel de mel de ervilhaca chinesa com arroz preto	20,0	329**	
Hidromel de mel de ervilhaca chinesa com arroz polido	10,0	96**	
Hidromel de mel de trigo sarraceno com arroz preto	40,0	454**	
Hidromel de mel de trigo sarraceno com arroz polido	30,0	406**	
Hidromel de mel de trigo sarraceno	30,0	398**	
Hidromel de mel de ervilhaca chinesa	19,4	209**	Katoh <i>et al.</i> (2011)
Hidromel de mel de trevo	19,8	242**	
Hidromel de mel de trevo e de acácia	19,8	245**	
Hidromel de mel de limão	21,0	285**	
Hidromel de mel de acácia	20,8	220**	

*ORAC (mMolTrolox Eq./L); **DPPH (μ M/Trolox Eq.).

Fonte: Adaptado de Mărgăoan *et al.* (2020).

3.7 ASPECTOS DE MERCADO E LEVANTAMENTO DE PATENTES DO HIDROMEL

Mesmo que o hidromel seja uma das bebidas mais antigas do mundo, sua comercialização ainda ocorre em pequena escala (GUPTA; SHARMA, 2007). A Polônia é um dos países conhecidos culturalmente por explorar a produção e o consumo de hidromel, porém, apresentou ao longo dos anos uma redução na sua fabricação devido à escassez de

pesquisas referentes ao emprego das operações tecnológicas dessa bebida (SROKA; TUSZYŃSKI, 2007). No entanto, na última década estudos foram publicados com sugestões para melhorar a produção de hidromel, incluindo adição de aditivos e melhorias nas etapas de desenvolvimento do produto (IGLESIAS *et al.*, 2014; ALMEIDA *et al.*, 2020; SAMPAIO, 2019).

A elaboração de hidromel permite, além de oferecer um alto valor agregado, a utilização de resíduos da extração do mel, contribuindo para melhorar o custo-benefício do produto e também gerar um aumento na renda dos apicultores (FERNANDES; LOCATELLI; SCARTAZZINI, 2009). A maioria dos apicultores produz o hidromel como atividade complementar à produção de mel, de forma ainda artesanal e o comercializam de maneira informal (BRUNELLI, 2015). Essa atividade mostra-se economicamente rentável, entretanto são necessários avanços em relação à tecnologia de produção e capacitação dos apicultores para melhorar a qualidade da bebida (BRUNELLI *et al.*, 2016).

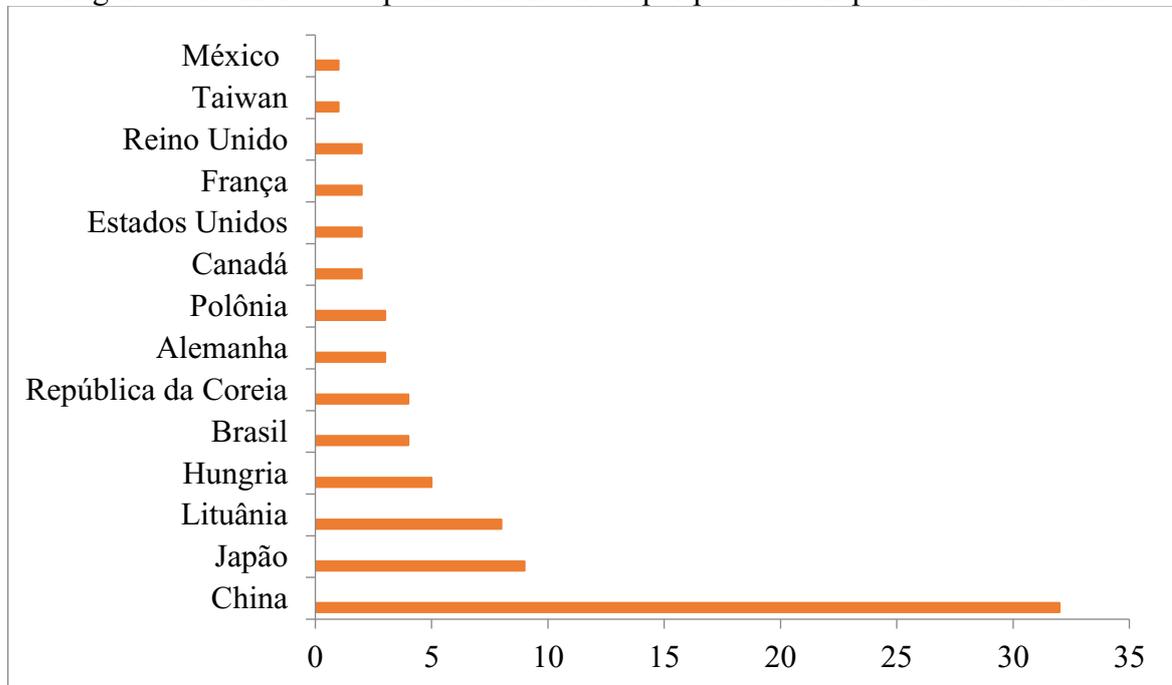
Com relação aos custos de produção do hidromel, Mileski (2016) relata valores de aproximadamente R\$ 9,00 por garrafa, sem considerar o investimento inicial e a mão de obra empregada. Este autor também cita que o preço de comercialização da garrafa de 750 mL encontra-se, em média, na faixa de R\$40,00 a 100,00, a depender do mel utilizado e claro, da qualidade do produto.

Atualmente o Brasil apresenta 29 empresas relacionadas com o segmento de produção e venda de hidroméis, sendo a maior parte delas encontrada nos estados de São Paulo (10), Rio Grande do Sul (5) e Rio de Janeiro (3) (LEADS2B, 2021). O estado de Santa Catarina teve a sua primeira hidromelaria inaugurada na cidade de Xanxerê em 2015, sendo que a fábrica produz dois tipos de hidromel, o tradicional e o hidromel com hibisco, tendo capacidade de produzir até 12 mil litros de hidromel por ano (UNOCHAPECÓ, 2016).

Com relação ao estudo prospectivo de patentes relacionadas à produção de hidromel, a busca no banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) resultou em 5 pedidos de patente, ocorridos entre os anos de 2007 a 2018, visto que 4 foram realizados por Universidade Federais do Brasil e 1 pelo Japão, sem nenhuma concessão até o momento. Machado *et al.* (2012) ressaltam que uma das principais razões do Brasil apresentar poucas patentes depositadas, se dá pela falta de incentivos governamentais que resultem em estímulo por parte das universidades e das empresas. A pesquisa na base de dados internacional *European Patent Office* (Espacenet®) obteve 84 resultados, com apenas 26 patentes concedidas, sendo que a maior parte das patentes foi depositada entre os anos 1994 e 2010.

A Figura 5 apresenta a distribuição dos depósitos de patentes realizados em diferentes países de acordo com os dados do Espacenet® e do INPI.

Figura 5 - Número de depósitos distribuídos por países no Espacenet® e no INPI.



Fonte: Próprio autor (2021).

Dentre os países que se apresentam como detentores de tecnologias envolvendo as patentes referentes à elaboração de hidromel, destacam-se a China, Japão e Lituânia. Sendo que a China recebe maior destaque, com 32 documentos, seguido de Japão e Lituânia com 9 e 8 depósitos, respectivamente. Os principais códigos do *Cooperative Patent Classification* (CPC) encontrados nesses documentos foram: C12G3/02 referentes à classe de preparação de outras bebidas alcoólicas por fermentação (42 documentos), C12G3/04 pertencente à classe de preparação de outras bebidas alcoólicas por mistura (11 documentos) e C12G3/00 que representa a classe de preparação de outras bebidas alcoólicas (11 documentos).

A partir dos resultados obtidos nessas plataformas, foi possível realizar um levantamento das patentes depositadas em base nacional e internacional, demonstrando que a elaboração de hidromel no Brasil ainda é pouco explorada, mas atualmente, o mercado brasileiro tem demonstrado forte interesse por bebidas fermentadas de produção artesanal, demonstrando que esse cenário é positivo para a fabricação de hidromel e o depósito de novas patentes na área (NAKADA; CACIATORI; PANDOLFI, 2020). Assim, pode-se considerar esta bebida de alto potencial econômico.

4 CONCLUSÃO

O processo de elaboração do hidromel, apesar de relativamente simples, demanda cuidados em relação a diferentes parâmetros do processo, visando à obtenção de bebidas com maior uniformidade e com elevada qualidade físico-química e sensorial. Assim, verifica-se a necessidade de uma maior disseminação do conhecimento técnico-científico para a produção dessa bebida em larga escala.

Nota-se ainda que existem muitos estudos relacionados à composição e aos efeitos benéficos do mel. Porém, dados relacionados ao potencial bioativo do hidromel produzido com mel e com diferentes frutas, ervas e especiarias, ainda são escassos.

Desta forma, essa revisão bibliográfica serve de motivação para novas investigações relacionadas ao hidromel, com o intuito de elaborar produtos inovadores e com potenciais benefícios à saúde humana.

REFERÊNCIAS

- AKALIN, H.; BAYRAM, M.; ANLI, R. E. Determination of some individual phenolic compounds and antioxidant capacity of mead produced from different types of honey. **Journal of the Institute of Brewing**. v. 123, n. 1, p. 167-174, 2017.
- ALMEIDA, E. L. de M. *et al.* Effects of nitrogen supplementation on *Saccharomyces cerevisiae* JP14 fermentation for mead production. **Journal of Food Science and Technology**. v. 40, p. 336-343, 2020.
- ALVAREZ-SUAREZ, J. M. *et al.* Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. **Food and Chemical Toxicology**. v. 48, p. 2490-2499, 2010.
- AMORIM, T. S. *et al.* Influence of acerola pulp concentration on mead production by *Saccharomyces cerevisiae* AWRI 796. **Food Science and Technology**. v. 97, p. 561-569, 2018.
- ANUNCIACÃO, A. S. *et al.* Tamarind pulp in the mead production. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 441–445, 2017.
- ARAÚJO, G. S. *et al.* Mead Production by *Saccharomyces cerevisiae* Safbrew T-58 and *Saccharomyces bayanus* (Premier Blanc and Premier Cuvée): Effect of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) Extract Concentration. **Applied Biochemistry and Biotechnology**. v. 191, p. 212-225, 2020.
- BALL, D. W. The chemical composition of honey. **Journal of Chemical Education**. v. 84, p. 1643–1646, 2007.
- BATISTA, A. C. **Avaliação das características tecnológicas de hidromel tipo melomel produzido com diferentes cepas de *Saccharomyces cerevisiae***. 2017. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2017.
- BILUCA, F. C. *et al.* 5-HMF and carbohydrates content in stingless bee honey by CE before and after thermal treatment. **Food Chemistry**. v. 159, p. 244-249, 2014.
- BORTOLI, D. A. S. *et al.* Levedura e produção de cervejas – Revisão. **Bioenergia em revista: diálogos**. v. 3, p. 45-58, 2013.
- BRASIL. Decreto Nº 6871, DE 04 DE JUNHO DE 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 de jun. 2009. Seção 1 - 5/6/2009, p. 20. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm. Acesso em 26 fev. 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 de outubro de 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade das bebidas fermentadas: fermentado de fruta; fermentado de fruta licoroso; fermentado de fruta composto; sidra; hidromel; fermentado de cana; saquê ou sake. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 nov. 2012. Seção 1, p. 3

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 34, de 9 de novembro de 2012. Complementa os padrões de identidade e qualidade para as bebidas fermentadas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 nov. 2012.

BRITO, A. L. F. **Análise cinética e estudos dos parâmetros fermentativos para a produção de hidromel**. 2015. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos). Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2015.

BRUNELLI, L. T. **Caracterização físico-química, energética e sensorial de hidromel**. 2015. 85 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 2015.

BRUNELLI, L. T.; IMAIZUMI, V. M.; VENTURINI FILHO, W. G. Caracterização físico-química, energética e sensorial de hidromel produzido a partir de cinco tipos de leveduras alcoólicas. **Revista Energia na Agricultura**, v. 32, n. 2, p. 200-208, 2017.

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.

CAMPOS, G. *et al.* Classificação do mel em floral ou mel de melato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 23, n. 1, p. 1-5, 2003.

CARVALHO, G. B. M.; BENTO, C. V.; SILVA, J. B. A. Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 1º parte – as leveduras. **Revista Analytica**. n. 25, p. 36-42, 2006.

CAVALIERI, D. *et al.* Evidence for *S. cerevisiae* fermentation in ancient wine. **Journal of Molecular Evolution**. v. 57, p. 226-232, 2002.

CAVANHOLI, M. G. **Caracterização de hidromel elaborado com diferentes extratos aquosos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.)**. 2020. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2020.

CAVIA, M. M. *et al.* Evolution of fructose and glucose in honey over one year: influence of induced granulation. **Food Chemistry**. v. 78, p. 157 – 161, 2002.

CHEN, C. H. *et al.* Physicochemical property changes during the fermentation of longan (*Dimocarpus longan*) mead and its aroma composition using multiple yeast inoculations. **Journal of the Institute of Brewing**. v. 119, p. 303-308, 2013.

CIANCIOSI, D. *et al.* Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: a review. **Molecules**. v. 23, n. 9, p. 1-20, 2018.

COSTA, R. T. R. V. *et al.* Cinética de produção de bebida mista de mel de abelha e morango. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 12, n. 1, p. 90-94, 2017.

CZABAJ, S. *et al.* Effects of mead wort heat treatment on the mead fermentation process and antioxidant activity. **Molecules**. v. 22, p. 1-15, 2017.

DA SILVA, P. M. *et al.* Honey: Chemical composition, stability and authenticity. **Food Chemistry**. v. 196, p. 309-323, 2016.

DANTAS, C. E. A. *et al.* Produção e avaliação da composição química e atividade antioxidante de hidroméis adicionados de frutas. *In*: Encontro Nacional da Agroindústria, 5, 2019, Bananeiras. **Biotecnologia e/ou desenvolvimento de novos produtos agroindustriais**. Bananeiras. 2019. p. 1-8.

DANTAS, C. E. A. *et al.* Estudo comparativo das características físico-químicas de hidroméis fermentados com diferentes cepas de leveduras. *In*: Encontro Nacional da Agroindústria, 4, 2018, Bananeiras. **Biotecnologia e/ou desenvolvimento de novos produtos agroindustriais**. Bananeiras. 2018. p. 1-8.

DE LA TORRE-GONZÁLEZ, F. J. *et al.* Mezcal as a novel source of mixed yeasts inocula for wine fermentation. **Processes**. v. 8, p. 1-15, 2020.

DE OLIVEIRA, I. V. *et al.* Produção e caracterização do hidromel tipo doce. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 3, p. 11176-11191, 2020.

DE QUEIROZ, J. C. F. *et al.* Produção de hidromel de forma artesanal e avaliação dos parâmetros durante o processo fermentativo. **Revista Saúde e Ciência**. v. 3, n. 3, p. 321-329, 2014.

ESCRICHE, I. *et al.* Suitability of antioxidant capacity, flavonoids and phenolic acids for floral authentication of honey. Impact of industrial thermal treatment. **Food Chemistry**. v. 142, p. 135-143, 2014.

ESTEVINHO, L. *et al.* Antioxidant and antimicrobial effects of phenolic compounds extracts of Northeast Portugal honey. **Food and Chemical Toxicology**. v. 46, n. 12, p. 3774-3779, 2008.

ESTEVINHO, L. M. Leveduras e fermentações: o caso da cerveja. *In*: RODRIGUES, M. A.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P. M. de. **Jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio**. Livro de atas. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2015. p. 118.

FERNANDES, D.; LOCATELLI, G. O.; SCARTAZZINI, L. S. Avaliação de diferentes estirpes da levedura *Saccharomyces cerevisiae* na produção de hidromel, utilizando méis residuais do processo de extração. **Evidência**. v. 9, p. 29-42, 2009.

FERRAZ, F. O. **Estudo dos parâmetros fermentativos, características físico-químicas e sensoriais de hidromel**. 2015. 167 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial) - Universidade de São Paulo. Lorena. 2015.

FEY, G. G. *et al.* Characterization and volatile compounds of fresh and aged mead in different types of wood. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 5, p. 25812-25826, 2020.

FRANKEL, S.; ROBINSON, G. E.; BERENBAUM, M. R. Antioxidant capacity and correlated characteristics of 14 unifloral honeys. **Journal of Apicultural Research**. v. 37, n. 1, p. 27-31, 1998.

FREITAS, A. G. *et al.* Hidromel: uma opção de renda para o apicultor. **Higiene Alimentar**. v. 37, p. 36-40, 2017.

GAGLIO, R. *et al.* Production of the Sicilian distillate “Spiritu re fascitrari” from honey by-products: An interesting source of yeast diversity. **International Journal of Food Microbiology**. v. 261, p. 62–72, 2017.

GARLET, T. B. *et al.* Hidromel em larga escala industrial: proposta de processo produtivo. In: Fórum Internacional Ecoinovar, 4, 2015. Santa Maria. **Eixo Técnico: Inovação e Sustentabilidade**. Santa Maria, 2015, p. 1-11.

GOMES, T. M. C. **Produção de Hidromel: efeito das condições de fermentação**. 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2010.

GOMES, T. *et al.* Optimization of mead production using response surface methodology. **Food and Chemical Toxicology**. v. 59, p. 680–686, 2013.

GUERRA, C. C. Vinho Tinto. In: VENTURINI FILHO, W. G (Coord.). **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2010. v. 1, p. 209-233.

GUERRINI, S. *et al.* Impact of *Saccharomyces cerevisiae* strains on health-promoting compounds in wine. **Fermentation**. v. 4, n. 2, p. 1-14, 2018.

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.

GUTIÉRREZ-GRIJALVA, E. P. *et al.* Review: dietary phenolic compounds, health benefits and bioaccessibility. **Archivos latinoamericanos de Nutrición**. v. 66, n. 2, p. 87-100, 2016.

HERNÁNDEZ, C. Y.; SERRATO, J. C.; QUICAZAN, M. C. Evaluation of physicochemical and sensory aspects of mead, produced by different nitrogen sources and commercial yeast. **Chemical Engineering Transactions**. v. 43, p. 1-6, 2015.

IGLESIAS, A. *et al.* Developments in the fermentation process and quality improvement strategies for mead production. **Molecules**, v. 19, p. 12577-12590, 2014.

INPI. INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Consulta de Bases de Dados do INPI - Hidromel**. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/LoginController?action=login>. Acesso em: 15 mar. 2021.

ISLA, M. I. *et al.* Physico chemical and bioactive properties of honeys from Northwestern argentina. **Food Science and Technology**. v. 44, n. 9, p. 1922-1930, 2011.

KAHOUN, D. *et al.* Determination of phenolic compounds and hydroxymethylfurfural in meads using high performance liquid chromatography with coulometric-array and UV detection. **Journal of Chromatography A**. v. 1202, p. 19-33, 2008.

KATOH, T. *et al.* Production and antioxidative activity of mead made from various types of honey and black rice (*Oryza sativa* var. *Indica* cv. *Shiun*). **Food Science and Technology Research**. v. 17, n. 2, p. 149-154, 2011.

KAWA-RYGIELSKA, J. *et al.* Fruit and herbal meads – Chemical composition and antioxidant properties. **Food Chemistry**. v. 283, p. 19-27, 2019.

KHALIL, M.; SULAIMAN, S.A.; GAN, S.H. High 5-hydroxymethylfurfural concentrations are found in Malaysian honey samples stored for more than one year. **Food and Chemical Toxicology**. v. 48, p. 2388–2392, 2010.

KOGUCHI, M.; SAIGUSA, N.; TERAMOTO, Y. Production and antioxidative activity of mead made from honey and black rice (*Oryza sativa* var. *Indica* cv. *Shiun*). **Journal of the Institute of Brewing**. v. 115, n. 3, p. 238-242, 2012.

LEADS2B. **Consulta CNPJ**. 2020. Disponível em: <https://app.leads2b.com/#!/?redirect=%2Fconsulta-cnpj>. Acesso em: 15 março 2021.

LE JEUNE, C. *et al.* Characterization of natural hybrids of *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces bayanus* var. *uvarum*. **FEMS Yeast Research**. v. 7, p. 540-549, 2007.

MACHADO, B. A. S. *et al.* Estudo prospectivo da própolis e tecnologias correlatas sob o enfoque em documentos de patentes depositados no Brasil. **Revista GEINTEC**. v. 2, n. 3, p. 221-235, 2012.

MĂRGĂOAN, R. *et al.* Impact of fermentation processes on the bioactive profile and health-promoting properties of bee bread, mead and honey vinegar. **Processes**. v. 8, n. 1018, p. 1-34, 2020.

MATSUO, N. Y.; STEFFEN, R. **Efeito do processo fermentativo na cinética e qualidade de hidromel**. 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2018.

MATTIETTO, R. de A. *et al.* Tecnologia para Obtenção Artesanal de Hidromel do Tipo Doce. **Comunicado Técnico**, EMBRAPA. 170. Belém, 2006.

MENDES-FERREIRA, A. *et al.* Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. **Internacional Journal of Food Microbiology**. v. 144, p. 193-198, 2010.

MILESKI, J. P. F. **Produção e caracterização de hidromel utilizando diferentes cepas de leveduras *Saccharomyces***. 2016. 72 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

- MORALES, E. M.; ALCARDE, V. E.; ANGELIS, D. F. Mead features fermented by *Saccharomyces cerevisiae* (Lalvin k1-1116). **African Journal Of Biotechnology**. v. 12, n. 2, p. 199-204, 2013.
- NAKADA, J. P.; CACIATORI, L. U.; PANDOLFI, M. A. C. Viabilidade da implantação de uma indústria produtora de hidromel. **Interface Tecnológica**. v. 17, n. 1, p. 431-443, 2020.
- NAVRÁTIL, M.; STURDÍK, E.; GEMEINER, P. Batch and continuous mead production with pectate immobilised, ethanol-tolerant yeast. **Biotechnology Letters**, v. 23, p. 977-982, 2001.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1312 p.
- OLIVEIRA NETO, P. C. **Tecnologia para obtenção de Hidromel tipo Doce**. Campina Grande: UEPB, 2013. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.
- OLIVEIRA, P. S. *et al.* Ácidos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante em méis de *Melipona fasciculata*, *M. flavolineata* (Apidae, Meliponini) e *Apis mellifera* (Apidae, Apini) da Amazônia. **Química Nova**. v. 35, n. 9, p. 1728-1732, 2012.
- OUCHEMOUKH, S. *et al.* HPLC sugar profiles of Algerian honeys. **Food Chemistry**. v. 121, p. 561-568, 2010.
- PEEPALL, C. *et al.* An organoleptic survey of meads made with lactic acid-producing yeasts. **Food Microbiology**. v. 82, p. 398-408, 2019.
- PEREIRA, A. P. *et al.* Effect of *Saccharomyces cerevisiae* cells immobilisation on mead production. **Food Science Technology**. v. 56, p. 21–30, 2014.
- PEREIRA, A. P. *et al.* High-cell-density fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* for the optimisation of mead production. **Food Microbiology**. v. 33, p. 114–123, 2013.
- PEREIRA, A. P. *et al.* Improvement of mead fermentation by honey-must supplementation. **Journal of the Institute of Brewing**. v. 121. p, 405-410, 2015.
- PEREIRA, A. P. *et al.* Mead and other fermented beverages. **Food and Beverages Industry**. p. 407-434, 2017.
- PEREIRA, A. P. *et al.* Mead production: effect of nitrogen supplementation on growth, fermentation profile and aroma formation by yeasts in mead fermentation. **Journal of the Institute of Brewing**. v. 121, p. 122–128, 2009.
- PEREIRA, A. P. *et al.* Mead production: selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. **Food and Chemical Toxicology**. v. 47, p. 2057–2063, 2009.
- PIATZ, S. **The complete guide to making mead**. 1nd ed. Minneapolis: Voyageur Press, 2014, 160 f.

PYRZYNSKA, K.; BIESAGA, M. Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey. **Trends in Analytical Chemistry**. v. 28, n.7, p. 893-902, 2009.

QURESHI, N.; TAMHANE, D.V. Production of mead by immobilized whole cells of *Saccharomyces cerevisiae*. **Applied Microbiology and Biotechnology**. v. 21, p. 280–281, 1985.

RAMALHOSA, E. *et al.* Mead production: Tradition versus modernity. **In Advances in Food and Nutrition Research**. v. 63, p. 101-118, 2011.

RIBEREAU-GAYON, P. *et al.* **Handbook of Enology: The Microbiology of Wine and Vinifications: Second Edition**. 2nd ed. England: John Wiley & Sons, 2006, 481 f.

ROLDÁN, A. *et al.* Influence of pollen addition on mead elaboration: physicochemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**. v. 126, n. 2, p.574-582, 2011.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A Química da Cerveja. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 98-105, 2015.

SAMPAIO, K. F. **Produção de hidromel utilizando graviola (*Annona muricata* L.) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) como suplementos**. 2019. 131 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana. 2019.

SANT'ANA, L. D. *et al.* Correlation of total phenolic and flavonoid contents of Brazilian honeys with colour and antioxidant capacity. **International Journal of Food Properties**. v. 17, p. 65–76, 2013.

SANTOS, J. R. A. *et al.* Seleção de linhagem industrial de *Saccharomyces cerevisiae* com potencial desempenho para a produção de etanol em condições adversas de temperatura e de agitação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v. 12, n. 1, p. 75-80, 2010.

SANTOS, N. R.; OLIVEIRA, G. N. R.; CAPUCI, A. P. S. Produção de melomel de amoras. *In: Encontro de desenvolvimento de processos agroindustriais*, 2, 2018, Uberaba. **Anais de evento**. Uberaba: Uniube, 2018, p. 1-8.

SCHULLER, D.; CASAL, M. The use of genetically modified *Saccharomyces cerevisiae* strains in the wine industry. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 68, p. 292- 304, 2005.

SCHWARZ, L. V. *et al.* Influence of nitrogen, minerals and vitamins supplementation on honey wine production using response surface methodology. **Journal of Apicultural Research**. p. 1 -10, 2020.

SCHWARZ, L. V. *et al.* Selection of low nitrogen demand yeast strains and their impact on the physicochemical and volatile composition of mead. **Journal of Food Science and Technology**. v. 57, n. 8, p. 2840-2851, 2020.

SEGTOWICK, 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.

SERRA-CAYUELA, A. *et al.* Browning during aging and commercial storage of Cava sparkling wine and the use of 5-HMF as a quality marker. **Food Research International**. v. 53, p. 226-231, 2013.

SERRALHO, S. K. T. *et al.* An overview of physicochemical characteristics and health-promoting properties of honeydew honey. **Food Research International**. v. 119, p. 44-66, 2019.

ŠMOGROVIČOVÁ, D. *et al.* Analytical and Aroma Profiles of Slovak and South African Meads. **Czech Journal of Food Sciences**. v. 30, n. 12, p. 241-246, 2012.

SOCHA, R. *et al.* Phenolic profile and antioxidant activity of polish meads. **International Journal of Food Properties**. v. 18, n. 12, p. 2713-2725, 2015.

SOLOB. **The Mead Maker's Page**. Disponível em: <<http://www.solorb.com/mead/>> Acesso em: 16mar. 2021.

SOUSA, C. M. M. *et al.* Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**. v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUSA, P. L. N.; DIAS, F. D.; TEIXEIRA, N. C. Produção artesanal de um hidromel de acerola orgânica. **Revista Pensar Gastronomia**. v. 4, n. 1, p. 1-19, 2018.

SROKA, P.; TUSZYŃSKI, T. Changes in organic acid contents during mead wort fermentation. **Food Chemistry**. v. 104, p. 1250-1257, 2007.

SROKA, P.; SATORA, P. The influence of hydrocolloids on mead wort fermentation. **Food Hydrocolloids**. v.63, p. 233-239, 2017.

STANLEY, D. *et al.* The ethanol stress response and ethanol tolerance of *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Applied Microbiology**. v. 109, p. 13-24, 2010.

STAROWICZ, M.; GRANVOGL, M. Trends in food science & technology an overview of mead production and the physicochemical, toxicological, and sensory characteristics of mead with a special emphasis on flavor. **Trends in Food Science & Technology**. v. 106, p. 402-416, 2020.

ŠVECOVÁ, B. *et al.* Analysis of Czech meads: Sugar content, organic acids content and selected phenolic compounds content. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 38, p. 80-88, 2015.

TAHERZADEH, M. J.; NIKLASSON, C.; LIDÉN, G. Acetic acid-friend or foe in anaerobic batch conversion of glucose to ethanol by *Saccharomyces cerevisiae*?. **Chemical Engineering Science**. v. 52, p. 2653-2659, 1997.

TERAMOTO, Y.; SATO, R.; UEDA, S. Characteristics of fermentation yeast isolated from traditional Ethiopian honey wine, *ogol*. **African Journal of Biotechnology**. v. 4, n. 2, p. 160-163, 2005.

TORNUK, F. *et al.* Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. **Industrial Crops and Products**. v. 46, p. 124-131, 2013.

TÔRRES, A. R. *et al.* A digital image-based method for determining of total acidity in red wines using acid–base titration without indicator. **Talanta**. v. 84, p. 601-606, 2011.

UNOCHAPECÓ. **Empresa incubada na uno inaugura a primeira fábrica de hidromel de SC**. Chapecó, 2016. Disponível em: <https://www.unochapeco.edu.br/noticias/empresa-incubada-na-uno-inaugura-a-primeira-fabrica-de-hidromel-de-sc>. Acesso em 07 abr.2021.

UKPABI, U. J. Quality evaluation of meads produced with cassava (*Manihot esculenta*) floral honey under farm conditions in Nigéria. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**. v. 6, p. 37-41, 2006.

VIDRIH, R.; HRIBAR, J. Studies on the sensory properties of mead and the formation of aroma compounds related to the type of honey. **Acta Alimentaria**, v. 36, p. 151–162, 2007.

WILLEY, J. T.; JUTZI, C.; TOMASINO, E. Influence of fermentation temperature and nutrient addition on chemical and sensory characteristics of traditional honey wine. **Annals of Food Processing Preservation**. v. 3, n. 1, p. 1-10, 2018.

WINTERSTEEN, C. L.; ANDRAE, L. M.; ENGESETH, N. J. Effect of heat treatment on antioxidant capacity and flavor volatiles of mead. **Food Chemistry and Toxicology**. v. 70, n. 2, p. 119-126, 2005.

WONG, A. Y.; LAI, J. M. C.; CHAN, A. W. Regulations and protection for functional food products in the United States. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 540-551, 2015.