



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**



TAMIRES BASTOS DE ALMEIDA

**PRODUÇÃO DE FERMENTADO ESPUMANTE A PARTIR DE
HIDROMEL TRADICIONAL E SUPLEMENTADO COM
EXTRATO DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum*)**

Feira de Santana, BA
2025

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

Almeida, Tamires Bastos de
A451p Produção de fermentado espumante a partir de hidromel tradicional e
suplementado com extrato de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) / Tamires Bastos
de Almeida. – 2025.
145f. : il

Orientador: Ernesto Costa Martinez
Coorientadora: Sílvia Maria Almeida de Souza

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa
de Pós-Graduação em Biotecnologia, 2025.

1. Mel. 2. Grão de bico. 3. *Saccharomyces bayanus*. 4. Hidromel
base. 5. Fermentado espumante. I. Martinez, Ernesto Costa, orient. II.
Souza, Sílvia Maria Almeida de, coorient. III. Universidade Estadual de Feira
de Santana. Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia. IV. Título.

CDU: 663.393

TAMIRES BASTOS DE ALMEIDA

**PRODUÇÃO DE FERMENTADO ESPUMANTE A PARTIR DE
HIDROMEL TRADICIONAL E SUPLEMENTADO COM
EXTRATO DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum*)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Ernesto Acosta Martínez
Coorientador(a): Prof^ª. Dra. Silvia Maria Almeida de Souza


Feira de Santana, BA
2025

Tamires Bastos de Almeida


“Produção de fermentado espumante, a partir de hidromel tradicional e suplementado com extrato de grão-de-bico (*Cicer arietinum*)”

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana, área de concentração em Biotecnologia com ênfase em Recursos Naturais da Região Nordeste, como requisito para obtenção do grau de doutor, tendo sido aprovada pelos membros signatários abaixo.


Feira de Santana, Bahia, 31 de JULHO de 2025.

Documento assinado digitalmente
 **ERNESTO ACOSTA MARTINEZ**
Data: 04/08/2025 10:56:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Orientador e presidente da Banca: Prof. Dr. **Ernesto Acosta Martinez**
UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana

Documento assinado digitalmente
 **GEIZA SUZART ARAUJO DA PAIXAO**
Data: 06/08/2025 03:35:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Membra: Prof.^a Dra. **Geiza Suzart Araújo da Paixão**
UNEB – Universidade do Estado da Bahia

Documento assinado digitalmente
 **JAMILLE SANTOS SANTANA**
Data: 07/08/2025 15:27:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membra: Prof.^a Dra. **Jamille Santos Santana**
UNEB – Universidade do Estado da Bahia

Documento assinado digitalmente
 **GEANY PERUCH CAMILLOTO**
Data: 07/08/2025 17:50:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membra: Prof.^a Dra. **Geany Peruch Camilloto**
UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana

Documento assinado digitalmente
 **MARILIA LORDELO CARDOSO SILVA**
Data: 11/08/2025 19:30:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membra: Prof. Dra. **Marília Lordêlo Cardoso Silva**
UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana

Com muita gratidão, dedico este trabalho a minha família e aos meus filhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter permitido que eu chegasse até aqui, por ter cuidado todo o tempo de mim e por colocar pessoas maravilhosas em minha vida que me ajudaram a concretizar esse sonho. Toda glória e toda honra sejam dadas a ti Senhor!

Agradeço também a toda minha família, sobretudo aos meus pais (Dilma e Joselino) por sempre confiarem em mim e me ajudaram da forma que podiam para que eu continuasse firme, aos meus irmãos (Thiago e Samuel) que me apoiaram ao longo dessa trajetória.

Cecília, minha primogênita, meu amor, você é meu raio de sol, luz que ilumina meus dias, obrigada por me ensinar todos os dias o verdadeiro significado da palavra amar. Anthony você chegou me ensinando o significado das palavras força e resiliência, tão pequeno ainda nem tem dimensão do quanto ressignificou minha vida. Eu amo muito vocês e agradeço todos os dias por Deus ter me escolhido para a mãe de Thotony e Ceci, vocês são meu tesouro, minha fonte de força, felicidade e recompensa.

A meu esposo Jefferson, sou extremamente grata a você pelo seu companheirismo, por você nos escolher sempre, obrigada lutar as minhas lutas, por nunca soltar a minha mão, por compreender as minhas ausências, por sempre me incentivar, apoiar, acompanhar e me mostrar que eu escolhi o homem certo para estar ao meu lado, sem o seu apoio tudo seria mais difícil. Te amo!

Aos meus sogros (Silvânia e Gaspar) muito obrigada por me acolherem como filha, obrigada por estarem sempre dispostos a me ajudar, por todas as palavras de incentivo e conselhos.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. Ernesto Acosta Martínez, pela oportunidade, o senhor foi muito mais que um orientador, foi amigo, conselheiro, foi apoio em momentos difíceis. Obrigada pela confiança, por todo suporte e conhecimento que eu pude adquirir ao longo do tempo em que trabalhamos juntos. Professor o senhor é um exemplo de profissional e uma referência para mim, muito obrigada por tudo!

A minha coorientadora Prof^a. Dra. Sílvia Maria Almeida de Souza, por todo apoio, amizade, confiança, dicas, conselhos e conhecimentos compartilhados. Ao Prof. Dr. Giovani Brandão Mafra de Carvalho, pelo apoio e suporte no laboratório. Agradeço também a todos os professores que passaram pela minha trajetória acadêmica, vocês foram fundamentais para construção desse sonho. Aos amigos que mesmo longe se fizeram presentes com uma mensagem de apoio nos momentos difíceis, obrigada. Na

caminhada da pesquisa, passamos muito tempo dentro do laboratório e lá conhecemos, convivemos e compartilhamos de momentos com muitos colegas, momentos felizes, tristes, tensos e de muito trabalho, mas sempre um ajudando o outro. Por esse motivo gostaria de agradecer por todas as experiências que compartilhamos no Lab-34, em especial, Adriana, Cristian, Emerson e Flávia. Sou muito grata a vocês.

Anne, Jaque e Val que dádiva ter dividido muitos dias com vocês, que amizade linda desenvolvemos, quanta cumplicidade e sobretudo quanta escuta sem julgamentos, obrigada por sempre estarem disponíveis, pelo acolhimento, pela força, pelas risadas e por todo carinho. Amo vocês, a amizade de vocês é para a vida!

Nara não tenho palavras para descrever o quanto eu sou grata pela sua vida e por sua amizade, só peço a Deus que em sua infinita bondade te abençoe sempre. Obrigada pela parceria de longos anos trabalhando juntas, uma apoiando a outra em todos os momentos, sua doçura e empatia com as pessoas fazem de você muito especial, feliz por ter você como amiga. Obrigada por tudo e conte comigo!

Aos funcionários da UEFS que me ajudaram, especialmente ao técnico Antônio Luiz, pela amizade que desenvolvemos ao longo desses anos, por compartilhar seus conhecimentos sobre as práticas laboratoriais com maestria e muito carinho, a sr. Nelson, sr. Cardoso por todos os dias me receberem com alegria e palavras de conforto, sempre dispostos a ajudar.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, agradeço a UEFS e PPGBiotec da UEFS pelas parcerias proporcionadas para o desenvolvimento do projeto.

“A vida não é fácil para nenhum de nós. Mas e daí? Nós devemos ter persistência e, acima de tudo, confiança em nós mesmos. Devemos acreditar que somos talentosos em alguma coisa, e que essa coisa, a qualquer custo, deve ser alcançada”

Marie Curie

RESUMO

O mel, apesar de seu elevado teor de açúcares fermentáveis, apresenta deficiência em nutrientes essenciais ao metabolismo e crescimento de leveduras, o que compromete a eficiência do processo fermentativo. Como alternativa para superar essa limitação, a suplementação com extrato de grão-de-bico foi empregada como fonte de nutrientes, visando otimizar a fermentação. O presente trabalho teve como objetivo principal desenvolver uma bebida fermentada espumante através da fermentação do mosto de mel tradicional e suplementado com extrato de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) por *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée®. As matérias-primas mel e extrato de grão-de-bico foram caracterizadas físico-quimicamente, apresentando propriedades adequadas à aplicação na produção de fermentado espumante de hidromel. Os efeitos da concentração de extrato de grão-de-bico (0, 10 e 20 g/L) e da concentração celular inicial (0,25; 0,50 e 0,75 g/L) na fermentação por *Saccharomyces bayanus* foram avaliados quanto à produtividade volumétrica de etanol (Q_p) e ao fator de conversão substrato-produto (Y_{p/s}), utilizando planejamento fatorial 2² com três repetições no ponto central. As fermentações ocorreram em mosto de mel (250 mL) a 30 °C, pH 5,0, por 120 h. Verificou-se maior crescimento celular nos meios suplementados com 20 g/L de extrato de grão-de-bico, independentemente da concentração inicial de células. Mostos suplementados com 20 g/L apresentaram os maiores consumos de substrato (41,41% e 40,31%), associados à produção de 7,8% e 7,3% de etanol, respectivamente. Os hidroméis apresentaram concentração de etanol de 4,86 até 9,03% v/v, concentração celular entre 1,29 e 10,10 g/L e valores de produtividade volumétrica em etanol entre 0,33 e 0,73 g/L.h, fatores de conversão de substrato em produto entre 0,29 e 0,41 g/g e eficiência de fermentação entre 56,47 e 79,78% nas condições experimentais utilizadas. Os resultados foram submetidos a análise estatística com o objetivo de estimar o efeito das variáveis independentes: concentração celular inicial e do extrato de grão-de-bico bem como suas interações, sobre as variáveis de resposta. Os resultados indicaram que ambas as variáveis independentes apresentaram influência significativa sobre a concentração de etanol (E) e produtividade volumétrica (Q_p). Maiores valores de E (70 g/L) e Q_p (0,733 g/l.h) foram verificados nas condições com maiores concentrações de extrato de grão-de-bico, independentemente da concentração celular inicial, os resultados da análise estatística permitiram estabelecer a melhor condição experimental (0,25 g/L de células e 20 g/L de extrato de grão-de-bico) para produção do hidromel base. Para a elaboração do fermentado espumante foi necessária uma segunda fermentação do hidromel base, na qual se utilizam células imobilizadas. Nessa etapa, foram realizados testes com diferentes concentrações (5 e 6%) dos suportes de alginato de cálcio e pectina. O alginato de cálcio demonstrou maior eficiência no consumo de açúcares (11,6 e 13,5%), sendo que as diferenças entre os experimentos se concentraram justamente no consumo de açúcares. O alginato de cálcio a 5% foi selecionado como concentração ideal para imobilização celular na segunda fermentação, visando otimização de custos com suporte. O fermentado espumante de hidromel obtido com células de *Saccharomyces bayanus* imobilizadas apresentou teor alcoólico de 9,93% (v/v) e características físico-químicas em conformidade com a legislação brasileira para bebidas fermentadas. A análise de viabilidade econômica evidenciou Valor Presente Líquido (VPL) positivo de R\$10.187,79 e Taxa Interna de Retorno (TIR) de 22,36%, superior à taxa mínima de atratividade adotada (15%), confirmando a viabilidade econômica do projeto.

Palavras-chave: mel, grão-de-bico, *Saccharomyces bayanus*, hidromel base, fermentado espumante.

ABSTRACT

Honey, despite its high fermentable sugar content, is deficient in nutrients essential for yeast metabolism and growth, compromising the efficiency of the fermentation process. As an alternative to overcoming this limitation, supplementation with chickpea extract was used as a nutrient source to optimize fermentation. The main objective of this study was to develop a fermented sparkling beverage through the fermentation of traditional honey must supplemented with chickpea extract (*Cicer arietinum*) by *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée®. The raw materials honey and chickpea extract were characterized physicochemically, demonstrating properties suitable for use in the production of fermented sparkling mead. The effects of chickpea extract concentration (0, 10, and 20 g/L) and initial cell concentration (0.25, 0.50, and 0.75 g/L) on *Saccharomyces bayanus* fermentation were evaluated for volumetric ethanol productivity (Qp) and substrate-to-product conversion factor (Yp/s), using a 2² factorial design with three replicates at the central point. Fermentations occurred in honey must (250 mL) at 30 °C, pH 5.0, for 120 h. Greater cell growth was observed in media supplemented with 20 g/L chickpea extract, regardless of the initial cell concentration. Musts supplemented with 20 g/L showed the highest substrate consumption (41.41% and 40.31%), associated with the production of 7.8% and 7.3% ethanol, respectively. The meads presented ethanol concentrations of 4.86 to 9.03% v/v, cell concentrations between 1.29 and 10.10 g/L, and volumetric ethanol productivity values between 0.33 and 0.73 g/L.h, substrate-to-product conversion factors between 0.29 and 0.41 g/g, and fermentation efficiencies between 56.47 and 79.78% under the experimental conditions used. The results were subjected to statistical analysis to estimate the effect of the independent variables: initial cell concentration and chickpea extract, as well as their interactions, on the response variables. The results indicated that both independent variables significantly influenced ethanol concentration (E) and volumetric productivity (Qp). Higher E (9.03 %v/v) and Qp (0.733 g/L.h) values were observed under conditions with higher chickpea extract concentrations, regardless of the initial cell concentration. The results of the statistical analysis allowed establishing the best experimental condition (0.25 g/L of cells and 20 g/L of chickpea extract) for the production of the base mead. To prepare the sparkling fermented product, a second fermentation of the base mead was necessary, in which immobilized cells were used. At this stage, tests were performed with different concentrations (5 and 6%) of calcium alginate and pectin supports. Calcium alginate demonstrated greater efficiency in sugar consumption (11.6 and 13.5%), with the differences between the experiments concentrated precisely in sugar consumption. 5% calcium alginate was selected as the ideal concentration for cell immobilization in the second fermentation, aiming to optimize support costs. The fermented sparkling mead obtained with immobilized *Saccharomyces bayanus* cells had an alcohol content of 9.93% (v/v) and physical and chemical characteristics in accordance with Brazilian legislation for fermented beverages. The economic feasibility analysis revealed a positive Net Present Value (NPV) of R\$10.187,79 and an Internal Rate of Return (IRR) of 22.36%, higher than the minimum attractive rate adopted (15%), confirming the economic viability of the project.

Keywords: honey, chickpea, *Saccharomyces bayanus*, mead base, fermented sparkling mead.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO GERAL	11
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo geral	14
2.2. Objetivos específicos	14
Referências	15
CAPÍTULO 1	19
Revisão Teórica	19
3. REVISÃO DA LITERATURA	20
3.1. Mel	20
3.1.1. Caracterização	20
3.1.2. Análises para verificação de qualidade do mel	23
3.2. GRÃO-DE-BICO	24
3.2.1. Características gerais	24
3.3. IMOBILIZAÇÃO DE LEVEDURAS	25
Referências	27
CAPÍTULO 2	34
Tecnologia de produção de hidromel: etapas do processo e condições fermentativas...	34
CAPÍTULO 3	56
CAPÍTULO 4	81
4. MATERIAL E MÉTODOS	82
4.1. Material	82
4.2. Preparo do extrato de grão-de-bico	82
4.5. Análises físico-químicas das matérias primas	82
4.6. Ativação da levedura e construção da curva de crescimento celular de <i>Saccharomyces bayanus</i> Premier Cuvée.	83
4.7. Avaliação do efeito das concentrações de células e do extrato de grão-de-bico para produção do hidromel base.	84
4.8. Análise estatística	85
4.9. Avaliação dos suportes alginato de cálcio e pectina para imobilização da levedura para a segunda fermentação.	85
4.9.1 Produção do fermentado espumante pelo método tradicional	86
4.9.2 Caracterização físico-química do fermentado espumante de hidromel	87
CAPÍTULO 5	88
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	89

5.1. Caracterização físico-química das matérias-primas	89
5.2. Efeito da suplementação dos mostos com extrato de grão-de-bico e diferentes concentrações de células.	91
5.2.1. Perfis do consumo de teor de sólidos solúveis (S.S) e formação de etanol do hidromel base.....	93
5.2.2. Análise estatística dos resultados	95
5.3. Produção do hidromel base para a segunda fermentação	97
5.4. Testes para imobilização em alginato de cálcio e pectina	98
5.5. Segunda fermentação para produção do fermentado espumante de hidromel.	100
5.6. Caracterização físico-química do fermentado espumante de hidromel	101
REFERÊNCIAS	103
CAPÍTULO 6 - Viabilidade econômico-financeira da implantação de uma microindústria produtora de fermentado espumante de hidromel	107
CAPÍTULO 7 - Fermentado Alcoólico tipo espumante de hidromel suplementado com extrato de grão-de-bico (<i>Cicer arietinum</i>) e tecnologia de produção do mesmo.....	127
6. CONCLUSÃO GERAL.	144

INTRODUÇÃO GERAL

O hidromel é uma bebida fermentada tradicionalmente produzida a partir de mel, água, sais minerais e leveduras (Brasil, 2009). De acordo com a regulamentação europeia, também é permitida a incorporação de ingredientes adicionais, como frutas, ervas e especiarias, que podem tanto melhorar o desempenho fermentativo da levedura quanto enriquecer o perfil sensorial da bebida (Gupta; Sharma, 2009).

A produção de hidromel é muito antiga, sendo considerada uma das primeiras bebidas alcoólicas do mundo, mas na atualidade a sua produção ainda é desenvolvida principalmente de forma artesanal. Além disso, possuem processos fermentativos longos por causa da alta concentração de açúcares no mel, assim como a escassez de nutrientes necessários para o desenvolvimento do processo, tais como minerais e proteínas. Assim, existe a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que contribuam para a padronização e aperfeiçoamento do processo (Ferraz, 2015; Gupta; Sharma, 2009; Pereira *et al.*, 2015).

Na literatura, diversos estudos relatam estratégias para otimizar o desempenho fermentativo do hidromel, incluindo o controle da temperatura (Gomes *et al.*, 2013), a seleção de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* (Pereira *et al.*, 2009) reutilização de células (Carneiro e Silva *et al.*, 2022) e a utilização de suplementos nutricionais, como pólen (Roldán *et al.*, 2011; Kempka; Matovani, 2013), fontes de nitrogênio e ácidos orgânicos (Mendes Ferreira *et al.*, 2010; Gomes *et al.*, 2013; Iglesias *et al.*, 2014), sais e vitaminas (Pereira *et al.*, 2015), hidrocolóides naturais (Sroka; Satora, 2017), bem como extratos vegetais e derivados, como feijão-caupi, farelo de arroz e de soja (Araújo *et al.*, 2020), frutas e seus derivados, polpa (Anunciação *et al.*, 2017; Mascarenhas *et al.*, 2017; Amorim *et al.*, 2018), suco (Adamenko *et al.*, 2018) e polpa hidrolisada de jaca (Queiroz *et al.*, 2023).

O grão-de-bico (*Cicer arietinum*) destaca-se pelo elevado teor proteico, que pode variar entre 18% e 31% de sua composição, a depender da variedade e das condições de cultivo. A obtenção de extratos a partir dessa leguminosa tem despertado crescente interesse científico e industrial, sobretudo em função de seu caráter funcional e sustentável, com aplicações em alimentos e nutraceuticos. Estudos recentes evidenciam que os extratos proteicos, tanto concentrados quanto isolados, apresentam propriedades tecnológicas e funcionais relevantes, como solubilidade, absorção de água e óleo,

emulsificação, formação de espuma e gelificação, atributos que ampliam sua aplicabilidade tecnológica (Grasso *et al.*, 2022).

Do ponto de vista nutricional, os extratos protéicos derivados exibem perfil de aminoácidos de elevada qualidade, incluindo lisina, leucina e arginina, essenciais à nutrição humana e de interesse para formulações de maior valor agregado na indústria alimentícia. Além disso, têm sido apontados como potenciais promotores do desempenho fermentativo na produção de hidromel, o que reforça sua versatilidade e aplicabilidade em processos biotecnológicos (Grasso *et al.*, 2022).

O mel, por sua vez, é uma substância natural resultante do processamento enzimático do néctar floral ou de secreções vegetais pelas abelhas (*Apis mellifera*) (Lemos; Santos; Santos, 2010; Martinho *et al.*, 2022). Amplamente empregado tanto na alimentação quanto em aplicações medicinais, caracteriza-se por ser uma matriz complexa cuja composição varia conforme a origem botânica e geográfica. No Brasil, a ampla diversidade da flora resulta em méis com perfis particulares de composição e sabor, valorizados não apenas por seus atributos sensoriais, mas também pelos potenciais benefícios à saúde (Nigussie, Subramanian, Mebrahtu, 2012; Glória *et al.*, 2024). A qualidade desse produto é determinada por múltiplos fatores, incluindo a origem floral dos néctares, a espécie de abelha, as condições ambientais e edáficas, bem como as práticas de manejo adotadas antes e após a colheita (Fujii *et al.*, 2009).

A apicultura, considerada uma das práticas agrícolas mais antigas, exerce papel fundamental no equilíbrio ecológico e na manutenção da biodiversidade por meio da polinização promovida pelas abelhas. Além do baixo impacto ambiental, representa importante fonte de renda para a agricultura familiar, uma vez que exige baixo investimento, reduzida área de produção e pouco tempo de manejo. Ademais, apresenta elevado potencial de diversificação produtiva, possibilitando a obtenção de diferentes produtos apícolas, como mel, geleia real, própolis, cera, pólen, hidromel e derivados fermentados, entre os quais se destacam a cachaça e o fermentado espumante (Ferraz, 2015; Glória *et al.*, 2024).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes estratégias para a otimização do processo fermentativo e da produção de fermentado espumante de hidromel, utilizando como recursos o suplemento natural proveniente do extrato de grão-de-bico e leveduras imobilizadas em gel de alginato e pectina. Tais estratégias foram propostas com a finalidade de aprimorar a eficiência fermentativa, reduzir o número de etapas de processamento, promover características organolépticas diferenciadas à bebida,

agregar valor à atividade econômica da agricultura familiar produtora de mel por meio da diversificação de produtos e, adicionalmente, contribuir para a redução dos custos de produção.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Desenvolver uma bebida fermentada espumante através da fermentação do mosto de mel tradicional e suplementado com extrato de grão-de-bico (*Cicer arietinum*).

2.2. Objetivos específicos

- Realizar a caracterização físico-química das matérias-primas (mel e extrato de grão-de-bico);
- Desenvolver um planejamento fatorial de 2^2 , para verificar a influência das concentrações de extrato de grão-de-bico e de células em dois níveis (+1 e -1) com triplicata no ponto central na produção do hidromel base por *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée;
- Utilizar a melhor condição obtida através do planejamento fatorial 2^2 para a produção do hidromel base;
- Imobilizar a levedura no ponto otimizado seguindo um planejamento fatorial 2^2 , a fim de investigar a influência da concentração dos suportes (%) pectina e alginato de cálcio;
- Produzir o fermentado espumante de acordo com o método clássico em escala ampliada;
- Caracterizar físico-quimicamente o espumante obtido em escala ampliada quanto aos padrões de qualidade e identidade estabelecidos pela Legislação Brasileira;
- Depositar uma patente para a proteção do produto e processo de produção do fermentado espumante de hidromel;
- Realizar um estudo da viabilidade econômica do processo.

REFERÊNCIAS

- ADAMENKO, K. et al. Characteristics of biologically active compounds in Cornelian cherry meads. *Molecules*, v. 23, n. 8, p. 1–13, 2018.
- ANUNCIACÃO, A.S. et al. Polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) na produção de hidromel. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v.7, p.441-445, 2017.
- AMORIM, T. S.; LOPES, S. B.; BISPO, J. A. C.; BONAFE, C. F. S.; CARVALHO, G. B.M.; MARTÍNEZ, E. A. Influence of acerola pulp concentration on mead production by *Saccharomyces cerevisiae* AWRI 796. *LWT - Food Science and Technology*, v. 59, p. 561-569, nov. 2018. Versão impressa e eletrônica.
- ARAÚJO GS, SAMPAIO KF, BASTOS TS, OLIVEIRA PP, CARVALHO GBM, SOUZA SMA, MARTÍNEZ EA (2021) Biochemical, physicochemical and melissopalynological analyses of two 29 multifloral honey types from Brazil and their influence on mead production: *Journal of Apicultural Research*, v.60, n.5, p.784-796, DOI: 10.1080/00218839.2020.1828236
- BALOGU, T. V.; TOWOBOLA, O. Production and quality analysis of wine from honey and coconut milk blend using *Saccharomyces cerevisiae*. *Fermentation*, v. 3, n. 2, abr. 2017.
- CARNEIRO E SILVA, A. K.; ANUNCIACÃO, A. S.; CANETTIERI, E. V. BISPO, J. A. C.; MARTINEZ, E. A. Reuse of cells in mead production using *Tamarindus indica* pulp as an unconventional supplement. *European Food Research Technology*, v.248, p.2539-2551, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04068-x>
- FERRAZ, F. O. *Estudos dos parâmetros fermentativos, características físico-químicas e sensoriais do hidromel*. Teses de Doutorado, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena- SP, 2015. Versão impressa e eletrônica.
- FUJII, I. A.; RODRIGUES, P. R. M.; FERREIRA, M. N. Caracterização físico-química do mel de guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) em Alta Floresta, Mato Grosso Physical-chemical characterization of honey of guarana (“*Paullinia cupana* var. *sorbilis*”) in Alta Floresta, Mato Grosso, *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, v.10, n.3, p 645-653 jul/set, 2009.
- GOMES, T. et al. Optimization of mead production using Response Surface Methodology. *Food and Chemical Toxicology*, v.59, p. 680-686, sept. 2013.
- GUPTA, J. K.; SHARMA, R. Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: A review. *Natural Products Radiance*, v.8, n.4, p.345-355, 2009.
- GLÓRIA, A. B. P.; EUGÊNIO, M. A.; BARROS, W. P. .; OLIVEIRA, V. A. de .; GENTIL, M. G. de S. R.; OTAVIO CABRAL NETO. Características e benefícios do mel de abelha. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, [S. l.]*, v. 9, n. 1, 2024. DOI: 10.61164/rmnm.v9i1.2909. Disponível em: <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/2909>. Acesso em: 12 jun. 2025.

GRASSO, N.; LYNCH, N. L.; ARENDT, E. K.; O'MAHONY, J. A. Chickpea protein ingredients: A review of composition, functionality, and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 21, n. 1, p. 435-452, 2022. doi: 10.1111/1541-4337.12878.

IBGE (2023) *Pesquisa de pecuária municipal*. Rio de Janeiro ISSN: 0101-4234 https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2018_v46_br_informativo.pdf. Acessado em 14 de setembro de 2023.

IGLESIAS, A. et al. Developments in the fermentation process and quality improvement strategies for mead production, *Molecules*, v. 19, n. 8, p. 12577-12590, aug. 2014.

KEMPKA, A. P., MANTOVANI, G. Z. Produção de hidromel utilizando méis de diferentes qualidades, *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campinas Grande, v. 15, n. 3, p. 273-281, sept. 2013.

MASCARENHAS, A. M. de O.; AMORIM, T. S.; ANUNCIAÇÃO, A. S.; ALBINATI, F. L.; MARTÍNEZ, E. A. Produção de hidromel: efeito da concentração da polpa de abacaxi (*Ananas mill*). *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v. 7, p. 436-440, 2017.

LEMONS, G. S.; SANTOS, J. S.; SANTOS, M. L. P. Validação de método para a determinação de 5-hidroximetilfurfural em mel por cromatografia líquida e sua influência na qualidade do produto. *Revista Química Nova*, v. 33, n. 8, p.1682-1685, 2010.

MARTINHO, C.; FERRADEIRA, C.; CATITA, J.; FAUSTINO-ROCHA, A. Apicultura: revisão de literatura. *Revista Lusófona de Ciência e Medicina Veterinária*, v. 12, 2022. Disponível em: <https://revistas.ulusofona.pt/index.php/rbcmv/article/view/8343> Acesso em: 27 ago. 2024.

MENDES-FERREIRA, A.; COSME F.; BARBOSA C.; FALCO, A. I V.; MENDESFAIA, A. Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. *Journal Internacional de Microbiologia de alimentos*, v.144, n. 1, p.193-198, nov. 2010.

NIGUSSIE K, SUBRAMANIAN PA, MEBRAHTU G Physicochemical analysis of Tigray honey: An attempt to determine major quality markers of honey. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, v. 26, 2012.

PEREIRA, A. P.; DIAS, T.; ANDRADE, J.; RAMALHOSA, E.; ESTEVINHO, L. M., 2009. Mead production: selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Food and Chemical Toxicology*, v. 47, p. 2057–2063, 2009.

QUEIROZ E. L, ALMEIDA T.B; SOUZA S.M; RODRIGUES R.C.L.B; MARTINEZ E.A. Melomel production by *Saccharomyces bayanus* using hydrolyzed jackfruit pulp (*Artocarpus heterophyllus*), pollen and rice bran extract (*Oryza sativa*) as unconventional supplements. *Biotechnologia Industrial*, v.19, n.3, p.151-162, 2023. <http://doi.org/10.1089/ind.2023.0005>

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

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

APRESENTAÇÃO DA TESE

A tese está estruturada em sete capítulos conforme a descrição a seguir:

Capítulo 1: Revisão teórica. São apresentados os fundamentos teóricos dos principais tópicos abordados no trabalho: mel, grão-de-bico, imobilização, hidromel e espumante.

Capítulo 2: “Tecnologia de Produção do hidromel: etapas do processo e condições fermentativas – capítulo publicado no livro “Estudos Científicos e Tecnológicos em Biotecnologia”.

Capítulo 3: “Métodos de elaboração de espumantes: uma revisão – artigo a ser submetido em revista”.

Capítulo 4: “Material e métodos. São descritas todas as metodologias utilizadas para desenvolvimento da pesquisa”.

Capítulo 5: Resultados e discussão. Neste capítulo, são apresentados e analisados criticamente os resultados obtidos, com discussão fundamentada na literatura científica pertinente.

Capítulo 6: “Viabilidade econômico-financeira da implantação de uma microindústria produtora de fermentado espumante de hidromel – artigo a ser submetido em revista”.

Capítulo 7: “Fermentado Alcoólico tipo espumante de hidromel suplementado com extrato de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) e tecnologia de produção do mesmo – Patente depositada”.

CAPÍTULO 1

Revisão Teórica

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Mel

3.1.1. Caracterização

Conforme a legislação brasileira (Brasil, 2000, p.3), o mel é definido como:

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.

Existem variados tipos de mel e podem ser classificados segundo sua origem, obtenção, modo de produção e/ou apresentação (Ferraz, 2015).

A apicultura vem desenvolvendo autonomia, organização e aprimoramento técnico através de incentivos ligados às parcerias desenvolvidas com entidades públicas de pesquisas, com vistas à compreensão das propriedades do mel nacional, da melhoria das técnicas de manejo, do fortalecimento da cadeia produtiva como um todo e da comercialização nacional e internacional dos produtos derivados das abelhas. O mel brasileiro apresenta boa aceitabilidade no mercado europeu e norte-americano, sendo considerado um dos mais puros do mundo. Além de ser usado como alimento, o mel também é empregado nas indústrias farmacêuticas e cosméticas (ABEMEL, 2021).

O Brasil apresenta vasto potencial para a apicultura, pois a vegetação e as condições climáticas são favoráveis para o desenvolvimento das abelhas. Segundo a Pesquisa Pecuária Municipal (PPM, 2023) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a produção de mel cresceu 2,7% em 2023 no Brasil, alcançando 64,2 milhões de quilos, o valor mais alto já registrado.

A região Nordeste responde por 38,61% da produção nacional de mel, configurando-se como a segunda maior produtora do país (IBGE, 2023). Na Bahia, onde predominam apicultores familiares, o estado ocupa a 4ª posição no ranking nacional, com produção em torno de 5 mil, 4,6 mil e 4,8 mil toneladas nos anos de 2020, 2021 e 2023, respectivamente (IBGE, 2023). A região destaca-se ainda pelo elevado potencial apícola, com capacidade para produção em larga escala de mel orgânico, favorecida pela disponibilidade de áreas livres de agrotóxicos (Ramos, 2018).

A composição do mel pode variar de acordo com a fonte floral, a cada colheita, além do clima e das condições geográficas da região, condições ambientais e sazonais,

bem como o seu processamento, manuseio e armazenamento (Gupta; Sharma, 2009). Devido à sua bioquímica, o mel possui uma ampla gama de aplicações.

O mel apresenta em torno de 80 tipos de substâncias diferentes, sendo os açúcares naturais (principalmente frutose e glicose), os responsáveis por 95 a 99% do total de sólidos, além disso, serve como uma excelente fonte de energia (Gupta; Sharma, 2009, Da Silva *et al.*, 2016). Além da quantidade expressiva de carboidratos, o mel contém água, aminoácidos, enzimas, vitaminas (como vitaminas do complexo B e ácido ascórbico), minerais (como cálcio, potássio e magnésio) e uma infinidade de polifenóis e flavonoides, ácidos orgânicos, enzimas e outros fitoquímicos (Bertonceli *et al.*, 2007; Araújo *et al.*, 2021; Akiki, 2023). Esses compostos contribuem coletivamente para as propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e imunomoduladoras do mel (Kumar *et al.*, 2024).

O teor de sólidos solúveis do mel é constituído por cerca de 60 a 85% de açúcares, dentre esses os mais abundantes são os monossacarídeos glicose e frutose (Leite *et al.*, 2000; Can *et al.*, 2015; Escuredo *et al.*, 2013). Os dissacarídeos como sacarose, maltose e trealose são encontrados em menores concentrações (de 3 a 10%) e os oligossacarídeos se apresentam em concentrações muito baixas menores que 1% (Bera, 2004; Bergamo *et al.*, 2018, 2019a, 2019b; Fechner *et al.*, 2016).

Os açúcares redutores são utilizados como parâmetros para diferenciação de tipos de méis e tendência à cristalização (Mendes *et al.*, 1998). Os açúcares maioritários são glucose e frutose, a proporção de frutose em relação à glucose depende bastante da fonte de néctar. Esta proporção pode influenciar tanto no *flavour* do mel pois a frutose possui maior sabor doce que a glucose, quanto na granulação uma vez que a glucose é menos solúvel em água que a frutose. Assim, os méis com razões frutose/glucose superiores permanecem líquidos durante longos períodos (Rodríguez *et al.*, 2004; Finola *et al.*, 2007).

Os açúcares não redutores são considerados parâmetros de pureza, dessa forma é possível detectar adulteração, tanto na alimentação das abelhas quanto na adição direta de sacarose no mel (Bera, 2004). De acordo com a legislação brasileira o limite de sacarose tolerável é de 5% e 10% em mel de flores e melato, respectivamente, podendo existir exceções para alguns tipos de mel (Brasil, 2000).

A quantidade de água disponível no mel é um fator muito importante, pois influencia diretamente na viscosidade e na palatabilidade do produto (Olaitan *et al.*,

2007). A quantidade contida no mel depende de fatores climáticos e geográficos, do grau de maturação na colmeia e da época da colheita (Finola *et al.*, 2007).

A atividade de água (Aa) do mel pode variar entre 0,5 a 0,6 (Iurlina; Fritz, 2005). Gupta e Sharma (2009), afirmam que a quantidade de água contida no mel corresponde em torno de 17,2% do conteúdo total.

As proteínas existentes no mel são de origem vegetal (néctar e pólen) quanto animal (abelhas) e das plantas, uma pequena fração das proteínas são enzimas, tais como a invertase, diástase, glucose oxidase, catalase e amilase (Pereira, 2008; Gupta; Sharma, 2009). Assim, a atividade enzimática pode indicar a exposição do mel ao calor durante o processamento e armazenamento.

Os aminoácidos estão presentes na forma livre devido à hidrólise das proteínas, a presença dessas deve-se em sua maioria por parte das abelhas do que pelas plantas onde o néctar é coletado para produzir mel (Peralta; Koblitiz, 2011).

A prolina é o aminoácido mais abundante no mel, sendo proveniente das secreções salivares das abelhas, apresentando 0,2 a 2,8% em concentração no mel, e aliada ao teor de água pode ser utilizada como parâmetro para identificar a maturidade do mel (Peralta; Koblitiz, 2011).

A cor do mel se modifica de acordo a vários fatores como o grau de pureza, variações no clima durante o fluxo do néctar, temperatura de amadurecimento na colmeia, processamento, exposição à luz, tempo de estocagem e possíveis reações entre os componentes presentes no mel (Koblitiz, 2011).

A cor é uma das características que permite identificar a origem floral do mel, e está relacionada com o conteúdo em minerais e compostos fenólicos e é característica da origem botânica, podendo variar desde a cor branca até o âmbar escuro. Além disso, a transparência ou claridade depende da quantidade de partículas suspensas, como o pólen (Araújo *et al.*, 2021). Durante o armazenamento pode ocorrer o escurecimento do mel devido às reações de Maillard, caramelização de açúcares, sendo o grau de escurecimento dependente da temperatura, pH, catalisadores, inibidores, tipo e concentração de açúcares e do tempo de armazenamento (Bertonceli *et al.*, 2007). A absorbância do mel medida no comprimento de onda de 635 nm determina a intensidade da cor do produto (Olaitan *et al.*, 2007).

O mel pode apresentar características terapêuticas dependendo da sua origem, a fonte floral desempenha papel fundamental nas suas propriedades biológicas (Basualdo *et al.*, 2007). As características de aroma, *flavour* específicos e a sua atividade biológica

são devidas à multiplicidade de compostos secundários provenientes do néctar e das próprias abelhas (Tosi *et al.*, 2004). Por apresentar uma grande variedade de compostos fenólicos o mel representa uma boa fonte de antioxidantes, que o tornam um bom aditivo alimentar antioxidante e reforça o seu uso a nível medicinal (Al-Mamary *et al.*, 2002; Küçük *et al.*, 2007).

Esses compostos trazem benefícios eficazes na redução do risco de doença coronária, cataratas, diferentes processos inflamatórios, entre outras patologias (Džugan *et al.*, 2018). Além disso, pode prevenir reações oxidativas de deterioração nos alimentos como o escurecimento enzimático de frutas e vegetais, a oxidação lipídica da carne (Arráez-Román *et al.*, 2006), podendo também inibir o crescimento de microrganismos patogênicos e a deterioração de alimentos (Bertonceli *et al.*, 2007).

O mel também é rico em antioxidantes enzimáticos tais como (glucoseoxidase e catalase) assim como não enzimáticos tais como ácido ascórbico, flavonoides, ácidos fenólicos, derivados de carotenóides, ácidos orgânicos, produtos das reações de Maillard, aminoácidos e proteínas (Pereira, 2008).

A atividade antibacteriana do mel tem sido alvo de estudos direcionados contra microrganismos patogênicos resistentes a antibióticos (Nzeako; Hamdi, 2000; Kumar *et al.*, 2005), contra bactérias patogênicas envolvidas em algumas doenças (Mulu *et al.*, 2004; Lusby *et al.*, 2005; Basualdo *et al.*, 2007), propriedades cicatrizantes (Kumar *et al.*, 1993) e antioxidante, bactérias alimentares patogênicas (Taormina *et al.*, 2001) e contra bactérias responsáveis pela deterioração de alimentos (Mundo *et al.*, 2004).

Segundo Mundo *et al.* (2004) o potencial inibidor do mel, ocorre devido à elevada concentração de açúcares, à produção de peróxido de hidrogênio e à presença de compostos proteicos. No entanto é importante frisar, a produção e o tipo de mel produzido pelas abelhas são dependentes da flora que existe em cada época. Dessa forma as flores a partir das quais as abelhas recolhem o néctar, podem contribuir nas diferenças na atividade antimicrobiana do mel (Nzeako; Hamdi, 2000; Mulu *et al.*, 2004; Basualdo *et al.*, 2007).

3.1.2. Análises para verificação de qualidade do mel

A Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000 estabelece as análises físico-químicas necessárias para a avaliação da qualidade do mel (BRASIL, 2000b). As análises exigidas para a verificação da qualidade do mel comercializado no Brasil são: teor de açúcares redutores, em 65 g/100g (% m/m); umidade 20 g/100g (% m/m); sólidos

insolúveis em água 0,1 (% m/m); minerais ou cinzas 0,6 (% m/m); acidez máxima 50 mEq/kg e hidroximetilfurfural, em 60 mg/kg (ppm) (Brasil, 2000b).

Devido à alta concentração de açúcares contidos no mel e o baixo teor de umidade, é considerado o produto alimentício de maior conservação e, por este motivo, as legislações brasileiras e internacionais vigentes, não estabelecem avaliações microbiológicas no mel, mas que a manipulação do produto seja cumprindo a normas de boas práticas de higiene e manipulação (Peralta; Koblitz, 2011).

A atual legislação brasileira para o mel (Brasil, 2000) estabelece apenas níveis aceitáveis de características microbiológicas para bolores e leveduras, e por se tratar de um produto consumido por crianças, idosos, gestantes e doentes que são grupos considerados vulneráveis (Tchoumboue *et al.*, 2007), os valores de referência são estabelecidos pela RDC nº 12 da ANVISA (Brasil, 2001), que contemplam a determinação do número provável de coliformes a 45 °C e a verificação da presença de *Salmonella sp.* (Brasil, 2001).

3.2. GRÃO-DE-BICO

3.2.1. Características gerais

O grão-de-bico pertence ao gênero *Cicer*, tribo *Cicerae*, família Fabaceae. Os grãos mais conhecidos são dos tipos Desi e Kabuli que são classificados pelas características de cor e tamanho da semente. O grão Desi apresenta antocianina nas flores e caules e coloração da semente escura, já o Kabuli possui cor amarronzada clara e maior tamanho de sementes (Adak *et al.*, 2017; Wolde-Meskel *et al.*, 2018).

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é considerado a segunda leguminosa mais consumida no mundo, sendo o primeiro lugar ocupado pela soja, segundo informações de projetos de estudo da Embrapa Hortaliças (Nascimento, 2016). É cultivado principalmente na Bacia Mediterrânea, Ásia, África e América do Norte (HUANG, 2006), enquanto no Brasil a produção é insuficiente para atender as necessidades internas, assim grande quantidade é importada do México e Argentina.

O consumo do grão-de-bico ainda é muito limitado no Brasil, quando comparado a outras leguminosas como o feijão, possui grande potencial nutricional a ser estudado, a fim de minimizar as deficiências proteicas e minerais da população, uma vez que ele é boa fonte de minerais tais como P, Mg, Fe, K, Co, Mn (Avancini, 1992). Além disso é

uma excelente fonte de carboidratos e de proteínas, que abrangem cerca de 80% do peso total das sementes secas (Braga, 1997).

A proteína do grão-de-bico tem sido considerada a de melhor valor nutricional entre as leguminosas (Tavano, 2002). Além disso é uma leguminosa muito importante para a dieta humana, pois apresenta uma composição de alto valor nutricional, rico em fibras, carboidratos (40-60%), minerais (fósforo, cálcio, magnésio, ferro e zinco), alto conteúdo proteico (21-28,9%) que abrangem cerca de 80% do peso total das sementes secas (Braga, 1997) e β -caroteno e óleo (4,5-5,5%) (Nobile *et al.*, 2013; Gaur *et al.*, 2010).

No Brasil o grão-de-bico mais produzido e consumido é o Kabuli, que possui casca clara sendo bastante valorizado na indústria alimentícia. A produção de grão-de-bico global anual é de 17 milhões de toneladas e conta com grande dispersão geograficamente na Índia, Austrália, Turquia e Estados Unidos lideram a produção (FAOSTAT, 2018). Desde 2019, os agricultores da Etiópia reduziram as colheitas de grão-de-bico e lentilha devido à pandemia. A produção mundial de cereais caiu de 166,274 toneladas em 2016 para 113,018 toneladas em 2020 (FAOSTAT, 2020).

Diante da importância do potencial econômico e social, o grão-de-bico é uma promissora cultura leguminosa a ser explorada no Brasil (Moreira, 2020). Estudar as propriedades tecnológicas e o perfil físico-químico do grão-de-bico torna-se essencial para estabelecer a relação de consumo do grão com as demandas nutricionais e as características relacionadas ao custo de produção (Santana *et al.*, 2017). A partir das características do grão, é necessário considerar as possibilidades de aplicabilidade do grão em novos produtos como as bebidas fermentadas, hidromel e fermentado espumante de hidromel.

3.3. IMOBILIZAÇÃO DE LEVEDURAS

De modo geral, a imobilização celular consiste no confinamento com a preservação da atividade catalítica de células em um suporte (Kourkoutas *et al.*, 2004; Schimidell *et al.*, 2001). Esses suportes podem ser de origem naturais e sintéticos, tais como géis como alginato e pectina, bagaço de cana-de-açúcar, fibra de coco e bucha vegetal (*Luffa cylindrica*) torta de açúcar, grânulos de alginato-quitosana, fragmentos de sabugo de milho, polpa de caju e maçã, gel de celulose liofilizado, cebolas esponjosas

secas, carboximetilcelulose, N-vinilpirrolidona (Domingues *et al.*, 2001; Peregudov, 2005; Covizzi *et al.*, 2007; Coelho, 2007).

A utilização da técnica permite a obtenção de elevadas concentrações celulares, confere maior estabilidade às células e, além da possibilidade de reutilização dos biocatalizadores, reduz o tempo de fermentação e protege as células de inibidores (Carvalho, 2000; Flores *et al.*, 2001). A vantagem mais evidente da utilização de células imobilizadas é a eliminação da etapa de separação da biomassa do produto final, oferecendo a possibilidade de operar em processo contínuo aumentando a eficiência (Klein; Vorlop, 1983; Flores *et al.*, 2001). Este método contribui para manter a estabilidade da atividade celular, resultando em níveis de produção mais elevados. Além disso, oferece custo-benefício, permite a reutilização do biocatalisador.

O tipo de suporte utilizado na imobilização pode promover a diminuição do risco de contaminação e também atuar como protetor contra efeitos causados pela alteração de pH e de temperatura ocorridos no meio de cultivo (Kourkoutas *et al.*, 2004).

Kourkoutas *et al.* (2004) afirmam que a imobilização de bactérias e leveduras pode causar alterações no crescimento celular, na fisiologia e na atividade metabólica, porém não é possível prever quais dessas alterações poderão ocorrer. Para facilitar a identificação destas alterações, alguns parâmetros podem ser considerados, como, por exemplo, pressão osmótica, tensão superficial, morfologia celular, permeabilidade da membrana, entre outros. As diferenças morfológicas entre células de *Saccharomyces cerevisiae* livres e imobilizadas com alginato, por exemplo, são atribuídas ao espaço limitante da imobilização. Nas células imobilizadas, a taxa de crescimento decai com o aumento de células no interior das esferas.

O alginato é um polissacarídeo presente em todas as “algas marrons” embora poucas espécies sejam comercialmente importantes, além disso é um material facilmente encontrado e de valor acessível (Batista, 2005; Carvalho, 2000). O encapsulamento em gel de alginato de cálcio é uma técnica bastante utilizada para a imobilização de células viáveis. A gelificação do alginato ocorre rapidamente na presença de íons de cálcio sem mudanças drásticas de temperatura, pressão osmótica e pH, o que permite preservar a viabilidade dos microrganismos imobilizados (Canilha *et al.*, 2006).

REFERÊNCIAS

- ADAK, A., et al. Gene effects of *Cicer reticulatum* on qualitative and quantitative traits in the cultivated chickpea. *Plant Breeding*, v. 136, n. 6, p. 1-9, 2017.
- AKIKI C. *Pesticides in the Urban Environment: Targeted and Non-targeted Screening of Pesticide Profiles in Urban Honey from Montreal by LC-QTOF-MS* [dissertação]. Montreal, Canada: McGill University; 2023.
- AL-MAMARY, M., AL-MEERI, A., AL-HABORI, M. Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research*, v. 22, p. 1041-1047, 2002.
- ARAÚJO GS, SAMPAIO KF, BASTOS TS, OLIVEIRA PP, CARVALHO GBM, SOUZA SMA, MARTÍNEZ EA Biochemical, physicochemical and melissopalynological analyses of two 29 multifloral honey types from Brazil and their influence on mead production. *Journal of Apicultural Research*, v.60, n.5, p.784-796, 2021. DOI: 10.1080/00218839.2020.1828236
- ARRÁEZ-ROMÁN, D.; GÓMEZ-CARAVACA, A.M.; GÓMEZ-ROMERO, M.; SEGURA-CARRATERO, A.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; Identification of phenolic compounds in Rosemary honey using solid-phase extraction by capillary electrophoresis–electrospray ionization-mass spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, v.41, p.1648-1656, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE MEL- ABEMEL. *Apicultura sustentável*, 2021. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Mel_e_produtos_apicolas/36RO/ICA_36RO.pdf> Acesso em: junho de 2024.
- AVANCINI, S.R.; SALES, A.M.; AGUIRRE, S.R.; SALES, A.M.; AGUIRRE, J.M.; MANTO- MANTOVANI, D.M.B. Composição química e valor nutricional de cultivares de grão-de-bico produzidos no Estado de São Paulo. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, v. 22, n. 2, p. 145-53, jul./dez. 1992.
- BASUALDO, C.; SGROY, V.; FINOLA, M. S.; MARIOLI, J. M. Comparison of the antibacterial activity of honey from different provenance against bacteria usually isolated from skin wounds. *Veterinary*, v.124, n.3-4, p.375-81, 2007. DOI: 10.1016/j.vetmic.2007.04.039
- BATISTA, Marcio de A. *Estudo da Imobilização de células de *Saccharomyces cerevisiae* em gel de alginato de cálcio no processo de fermentação alcoólica*. 2005. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.
- BERA, A.; ALMEIDA-MURADIAN L. B., Physicochemical properties of commercial samples of honey added with propolis from São Paulo state, Brazil. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, p. 27- 45., mar. 2007.

BERGAMO, G. et al. Mineral profile as a potential parameter for verifying the authenticity of bracatinga honeydew honeys. *LWT*, v. 97, p. 390–395, nov. 2018.

BERGAMO, G. et al. Physicochemical characteristics of bracatinga honeydew honey and blossom honey produced in the state of Santa Catarina: An approach to honey differentiation. *Food Research International*, v. 116, p. 745–754, fev. 2019a.

BERGAMO, G. et al. Differentiation of honeydew honeys and blossom honeys: a new model based on colour parameters. *Journal of Food Science and Technology*, v. 56, n. 5, p. 2771– 2777, 10 maio 2019b.

BERTONCELI, J., DOBERŠEK, U., JAMNIK, M., GOLOB, T., Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, v. 105, p. 822-828, 2007.

BRAGA, N.R. *Possibilidades da cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) na microrregião de Viçosa, Minas Gerais: competição entre cultivares e nutrição mineral*. Viçosa, 1997. 101 p. Tese (doutorado). Universidade Federal de Viçosa.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). *Portaria nº 64, de 23 de abril de 2008*. Regulamento técnico para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas fermentadas: fermentado de fruta, sidra, hidromel, fermentado de cana, fermentado de fruta licoroso, fermentado de fruta composto e saquê. Brasília, 2008b. Disponível em: < [http://www.aladi.org/nsfaladi/normasTecnicas.nsf/09267198f1324b64032574960062343c/ef1ee2d72487688603251247a9f004bbf57/\\$FILE/ATTPLES5.pdf/Portaria%20N%C2%B0%2064-2008.pdf](http://www.aladi.org/nsfaladi/normasTecnicas.nsf/09267198f1324b64032574960062343c/ef1ee2d72487688603251247a9f004bbf57/$FILE/ATTPLES5.pdf/Portaria%20N%C2%B0%2064-2008.pdf) >. Acesso em: 21 março 2022.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). *Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000*. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. Brasília, 20,00. Disponível em:<<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=7797>>. Acesso em: 22 maio 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução RDC 12, de 02 de janeiro de 2001*. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2019.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). *Portaria nº 64, de 23 de abril de 2008*. Regulamento técnico para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas fermentadas: fermentado de fruta, sidra, hidromel, fermentado de cana, fermentado de fruta licoroso, fermentado de fruta composto e saquê. Brasília, 2008b. Disponível em: < [http://www.aladi.org/nsfaladi/normasTecnicas.nsf/09267198f1324b64032574960062343c/ef1ee2d72487688603251247a9f004bbf57/\\$FILE/ATTPLES5.pdf/Portaria%20N%C2%B0%2064-2008.pdf](http://www.aladi.org/nsfaladi/normasTecnicas.nsf/09267198f1324b64032574960062343c/ef1ee2d72487688603251247a9f004bbf57/$FILE/ATTPLES5.pdf/Portaria%20N%C2%B0%2064-2008.pdf) >. Acesso em: 21 agosto 2019.

CAN, Z. et al. An investigation of Turkish honeys: their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, v. 180, p. 133–141, ago. 2015.

CANILHA, L.; CARVALHO, W.; SILVA, ALMEIDA, J.B.; Biocatalizadores imobilizados: uso de células e enzimas imobilizadas em processos biotecnológicos. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, v.36, n.6, p.48-57. 2006.

CARVALHO, C. W. P.; MITCHELL, J. R. Effect of sucrose on starch conversion and glass transition of nonexpanded maize and wheat extrudates. *Cereal Chemistry*, v. 78, n. 3, p. 342–348, 2001.

COELHO, T. C.; *Avaliação de condições de imobilização de células de Candida guilliermondii FTI 20037 em bucha vegetal (Luffa cylindrica) visando a produção de xilitol*. 2007. 90p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial) – Faculdade de Engenharia Química de Lorena, Lorena, 2007.

COVIZZI, L. G.; GIESE, E. C.; GOMES, E.; DEKKER, R. F. H.; SILVA, R.; IMOBILIZAÇÃO DE CÉLULAS MICROBIANAS E SUAS APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS. 2007. 143-160p – *Ciência Exatas e Tecnológicas*, Londrina – Paraná.

DA SILVA PM, GAUCHE C, GONZAGA LV, COSTA ACO, Fett R. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, v.196, p. 309-323, 2016.

DOMINGUES, L.; LIMA, N.; TEIXEIRA, J.A.; Alcohol production from cheese whey permeate using genetically modified flocculent yeast cells. *Biotechnology Bioengineering*, v.72, p. 507-514, 2001.

DŽUGAN, M.; TOMCZYK, M.; SOWA, P.; GRABEK-LEJKO, D. Antioxidant Activity as Biomarker of Honey Variety. *Molecules*, v. 23, n. 8, ago. 2018.

ESCUREDO, O. et al. Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic area. *Food Chemistry*, v. 138, n. 2–3, p. 851–856, jun. 2013.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2018). *Food and agriculture data* USA: FAOSTAT. Disponível em: <https://bit.ly/2gz1a6s> . Acesso em 15 de maio de 2023.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2020). *Food and agriculture data* USA: FAOSTAT. Disponível em: <https://bit.ly/2gz1a6s> . Acesso em 20 de maio de 2023.

FECHNER, D. C. et al. Multivariate classification of honeys from Corrientes (Argentina) according to geographical origin based on physicochemical properties. *Food Bioscience*, v. 15, p. 49–54, set. 2016.

FERRAZ, F. O. *Estudos dos parâmetros fermentativos, características físico-químicas e sensoriais do hidromel*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena- SP, 2015. Versão impressa e eletrônica.

FINOLA, M.S.; LASAGNO, M.C.; MARIOLI, J.M.; Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food Chemistry*, v. 100, p. 1649-1653, 2007.

GUPTA, J. K.; SHARMA, R. Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: A review. *Natural Products Radiance*, v.8, n.4, p.345-355, 2009

GAUR, P. M., et al. Chickpea seed production manual. International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics – *ICRISAT*, p. 28, 2010.

HUANG, J. *Function-structure relationships of acetylated pea starches*. 140 f. Tese (Ph.D.) – Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2006.

IAL - Instituto Adolfo Lutz (2008) *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Versão eletrônica. São Paulo. <http://www.ial.sp.gov.br>. Acesso em: 20 de março de 2019.

IURLINA, M.O., FRITZ, R., Characterization of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. *International Journal of Food Microbiology*, v. 105, p. 297-304, 2005.

KLEIN, J.; VORLOP, K. D. *Immobilized Cells: Catalyst Preparation and Reaction Performance*. In: BLANCH, H. W; PAPOUTSAKIS, E. T.; STEPHANOPOULOS, G. (Editores) *Foundations of biochemical engineering: kinetics and thermodynamics in biological systems*. Washington, D.C: ACS Symposium series, 207, cap. 17, p. 377-392, 1983.

KOBLITZ, M. G. B.; JACOMINO, A. P.; PINHEIRO, D. M.; BRON, I. U.; JUNIOR, I. G.; SANTOS, L. F.; TRINDADE, M. A. *Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. 242 p.

KOURKOUTAS, Y.; BEKATOROU, A.; BANAT, I. M.; MARCHANT, R.; KOUTINAS, A. A. Immobilization technologies and support materials suitable in alcohol beverages production: a review. *Food Microbiology*, v. 21, p. 377-397, 2004.

KÜÇÜK, M., KOLAILI, S., KARAOĞLU, S., ULUSOY, E., BALTACI, C., CANDAN, F., Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*, v. 100, p. 526-534, 2007.

KUMAR, A., KAUSHIK, R., KASHYAP, A., KASHYAP, M.K., Indian honey: a natural product with antibacterial activity against antibiotic resistant pathogens, an “in-vitro” study. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, v. 8, p.190-193, 2005.

KUMAR, A.; SHARMA, V.K.; SINGH, H.P.; PRAKASH, P.; SINGH, S.P. Efficacy of some indigenous drugs in tissue repair in buffaloes. *Indian Veterinary Journal*, v.70, p.42-44, 1993.

KUMAR R, KUMAR S, KANWAR SS. *Biomedical Perspectives of Herbal Honey*. Singapore: Springer Nature Singapore; 2024.

LEITE, J.M.C; TRUGO, L.C.; COSTA, L.S.M; QUINTERO, L.M.C; BARTH, O.M.; DUTRA, V.M.L; MARIA, C.A.B. Determination of oligosaccharides in Brazilian honey of different botanical origin. *Food Chemistry*, Amsterdam, v.70, p.93-98, 2000.

LUSBY, P.E., COOMBES, A.L., WILKINSON, J.M., Bactericidal activity of different honeys against pathogenic bacteria. *Archives of Medical Research*, v. 36, p. 464-467, 2005.

MARTÍNEZ, E. A.; GIULIETTI, M.; ALMEIDA E SILVA, J. B.; DERENZO, S. Kinetics of the xylitol crystallization in hydro-alcoholic solution. *Chemical Engineering and Processing*, v. 47, n. 12, p. 2157-2162, Novembro de 2008.

MENDES, C. G.; SILVA, J. B. A.; MESQUITA, L. X.; MARACAJÁ, P. B. As análises de mel: Revisão. *Revista Verde*, v.22, p.7–14, 2009.

MENDES-FERREIRA, A.; COSME F.; BARBOSA C.; FALCO, A. I V.; MENDESFAIA, A. Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. *Journal Internacional de Microbiologia de alimentos*, v.144, n. 1, p.193-198, nov. 2010.

MOREIRA, E.G.S.; *Grão-de-bico cultivado sob condições de manejo em sequeiro e irrigado*. Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Ipameri 2020.

MULU, A., TESSEMA, B., DERBIE, F., *In vitro* assessment of the antimicrobial potential of honey on common human pathogens. *Ethiopian Journal Health Development*, v. 18, n.2, p.107-112, 2004.

MUNDO, M.A., PADILLA-ZAKOUR, O.I., WOROBO, R.W., Growth inhibition of foodborne pathogens and food spoilage organisms by select raw honeys. *International Journal of Food Microbiology*, v. 97, p.1-8, 2004.

NASCIMENTO, W. M. *Leguminosas de inverno: alternativa para a região dos cerrados*. Nosso Alho, Brasília, DF, p. 51-54, 2016. Disponível em: . Acesso em: 23 ago. 2023.

NAVRÁTIL, M.; STURDÍK, E.; GEMEINER, P. Batch and continuous mead production with pectate immobilised, ethanol-tolerant yeasts. *Biotechnology Letters*, v.23, p. 977–982, 2001.

NOBILE, C. G., et al. Proximate composition and seed lipid components of “kabuli”-type chickpea (*Cicer arietinum* L.) from Argentina. *Agricultural Sciences*, v. 4, n. 12, p. 729-737, 2013.

NZEAKO, B.C., HAMDI, J., Antimicrobial potential of honey on some microbial isolates. *Medical Sciences*, v.2, p. 75-79, 2000.

OLAITAN, P.B., ADELEKE, O.E., OLA, I.O. Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. *African Health Sciences*, 7, 159-165, 2007.

PASCOAL A., ANJOS O., FEÁS X., OLIVEIRA J., ESTEVINHO M. L., Impact of fining agents on the volatile composition of sparkling mead. *Journal of Institute of Brewing*, v. 125, p. 125- 133, 2017.

PERALTA, E. D.; KOBLITZ, M.G. B. Mel. In: KOLBLITZ, M. G. B. *Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 267-289, 2011.

PEREIRA, A. P. R. *Caracterização de Mel com vista à Produção de Hidromel*. Escola Superior Agrária de Bragança, Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar), 2008.

PEREIRA, A. P.; DIAS, T.; ANDRADE, J.; RAMALHOSA, E.; ESTEVINHO, L. M., 2009. Mead production: selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Food and Chemical Toxicology*, v. 47, p. 2057–2063, 2009.

PEREIRA, A. P. et al. Improvement of mead fermentation by honey-must supplementation. *Journal of the Institute of Brewing*, v. 121, n. 3, p. 405-410, 2015.

PEREIRA, A. P.; MENDES-FERREIRA, A.; OLIVEIRA, J. M.; ESTEVINHO, L. M.; MENDES-FAIA, A. Mead production: effect on nitrogen supplementation on growth, fermentation profile and aroma formation by yeasts in mead fermentation. *Institute of Brewing e Distilling*, v.12, p. 122-128, 2015.

RAMOS, T R. M. *Possíveis contribuições da Associação de Apicultores e Meliponicultores na socioeconomia no município de São José dos Cordeiros - PB*. Sumé - PB: [s.n], 2018.

RODRÍGUEZ, G.O., FERRER, B.S., FERRER, A., RODRÍGUEZ, B., Characterization of honey produced in Venezuela. *Food Chemistry*, v. 84, p. 499-502, 2004.

RICHTER, W.; JANSEN, C.; VENZKE, T. S. L.; MENDONÇA, C. R. B.; BORGES, C. D. Avaliação da qualidade físico-química do mel produzido na cidade de Pelotas/RS. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara v. 22, n. 4, p. 547-553, out./dez. 2011.

RIZZON, L. A. [s.f.] Como elaborar vinho de qualidade na pequena propriedade / por Luiz Antenor. Rizzon, Mauro Celso Zanús e Sadi Manfredini. -- *Bento Gonçalves*: Embrapa Uva e Vinho, 1994. 52 p. -- (Documentos / Embrapa Uva e Vinho, ISSN 0102-3969 ; 12)

SANTANA, F. C. O. *Caracterização, Capacidade Espumante e Estabilidade de Espumas de Claras de ovos frescas, pasteurizadas e desidratadas*. 2017. 194 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. *Biotecnologia industrial* - Vol. 2. 1 Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

TAORMINA, P.; NIEMIRA, B.; BEUCHAT, L. Inhibitory activity of honey against foodborne pathogens as influenced by the presence of hydrogen peroxide and level of antioxidant power. *International journal of food microbiology*, v.69, p. 217-25, 2001.

TAVANO, O.L. *Avaliação nutricional de frações protéicas do grão-de-bico (Cicer arietinum L.) var. IAC- Marrocos: estudo in vivo e in vitro*. Araraquara, 2002. 94 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade Estadual Paulista (Unesp)

TCHOUMBOUE, J.; JULIUS, A. N.; A, F. F.; DELPHINE, D. N.; JONNAS, P.; ANTOINE, M. Z. Physico-chemical and microbiological characteristics of honey from the sudano-guinean zone of West Cameroon. *African Journal of Biotechnology*, v. 6, n. 7, 2007, p. 908-913.

WOLDE-MESKEL, E., et al. Additive yield response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to rhizobium inoculation and phosphorus fertilizer across smallholder farms in Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 261, p. 144-152, 2018.

CAPÍTULO 2

Tecnologia de produção de hidromel: etapas do processo e condições fermentativas



TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE HIDROMEL: ETAPAS DO PROCESSO E CONDIÇÕES FERMENTATIVAS – PARTE 2

Tamires Bastos de Almeida

Edinara Lacerda Queiroz

Eliana Vieira Canettieri

Rita de Cássia Lacerda Brambilla Rodrigues

Ernesto Acosta Martínez

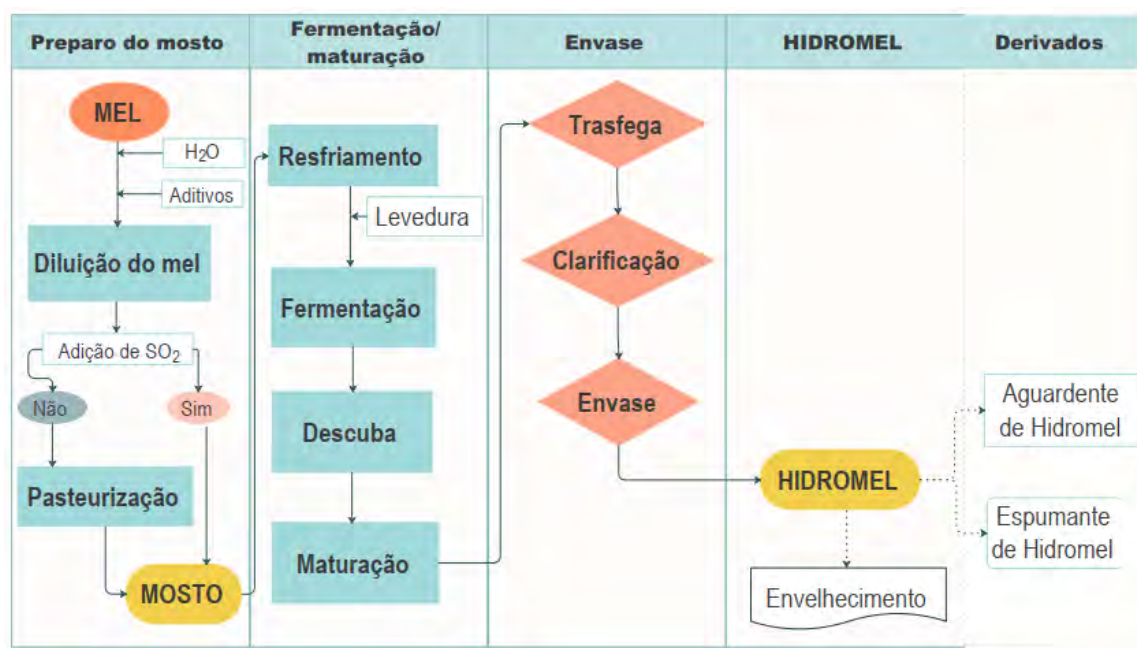
1 PRODUÇÃO DE HIDROMEL – ETAPAS DO PROCESSO

O hidromel é uma bebida alcoólica fermentada, produzida a partir do mosto de mel. Embora seja um produto antigo e historicamente conhecido, ainda não é tão consumido e conhecido comercialmente como a cerveja e o vinho. Em geral, o hidromel contém entre 8 e 18% de etanol (v/v) e é produzido a partir da fermentação de uma solução diluída de mel (PEREIRA *et al.*, 2013). Sua produção depende de muitos fatores, dentre eles, a composição do mel, que varia de acordo com as diferentes fontes florais, a levedura utilizada, os parâmetros fermentativos e os aditivos – todos esses fatores interferem diretamente na sua qualidade sensorial.

Ao longo do tempo, foram desenvolvidas muitas variações no processo de fabricação deste tipo de bebida, tradicionais, água e mel, às complexas misturas de polpas e sucos de frutas e especiarias. Os tipos mais comuns de hidromel são metheglin (contendo especiarias ou ervas), melomel (com polpas ou sucos de frutas), hipocra (pigmento com ervas e especiarias) e hidromel (com maior concentração de mel) (GUPTA, SHARMA, 2009).

Este capítulo apresenta uma revisão sobre a produção de hidromel. A primeira seção aborda as várias etapas do processo, que envolvem a seleção e o preparo do mel, o preparo e o tratamento do mosto, a seleção e o preparo da levedura, a fermentação, a clarificação e o envelhecimento – este último, como uma possibilidade de agregar-lhe valor, além do envelhecimento o hidromel pode dar origem a outros produtos como aguardente e espumante. A segunda seção é focada nos processos fermentativos. Dentro desse contexto, serão disponibilizadas informações consideráveis e simplificadas, na tentativa de fornecer uma visão geral do processo (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma das principais etapas na produção tradicional de hidromel



Fonte: Adaptado de Gupta e Sharma (2009) e Iglesias (2014)

216 SELEÇÃO DO MEL

De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2000, p.3), define-se o mel como sendo:

uma solução concentrada de açúcares com predominância de glicose e frutose. Contém ainda uma mistura complexa de outros hidratos de carbono, enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, minerais, substâncias aromáticas, pigmentos e grãos de pólen, podendo conter cera de abelhas procedente do processo de extração. O produto definido neste regulamento não poderá ser adicionado de açúcares e/ou outras substâncias (qualquer tipo de aditivos) que alterem a sua composição original.

A cor característica do mel é de quase incolor a pardo-escuro; o sabor e o aroma variam de acordo com a sua origem. As características físico-químicas do mel, estabelecidas conforme o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel (BRASIL, 2000) (Tabela 1). Esse regulamento estabelece uma classificação em:

Mel floral: mel obtido dos néctares das flores. Mel unifloral ou monofloral: quando o produto proceda principalmente da origem de flores de uma mesma família, gênero ou espécie e possua características sensoriais, físico-químicas e microscópicas próprias. Mel multifloral ou polifloral: mel obtido a partir de diferentes origens florais. Melato ou Mel de Melato: mel obtido principalmente a partir de secreções das partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que se encontram sobre elas. O Mel prensado é o mel obtido por prensagem dos favos, sem larvas.

A apicultura é uma atividade antiga e importante no mundo; trata-se de uma opção lucrativa para a agricultura familiar ou para o pequeno produtor rural. O IBGE (2018) relatou que foram produzidas 42,3 mil toneladas de mel no Brasil, em 2018, equivalendo ao aumento de 1,6% na produção nacional. O valor da produção foi de R\$ 502,8 milhões, queda de 2,2% em relação ao ano anterior – ainda assim, demonstrando ser uma atividade promissora e alternativa para o Brasil.

A legislação brasileira indica algumas análises físico-químicas para o controle de qualidade do mel, como: umidade, hidroximetilfurfural (HMF), açúcares redutores, sacarose aparente, cinzas, acidez livre, sólidos insolúveis em água e atividade diastásica. O hidroximetilfurfural é gerado a partir da quebra de açúcares hexoses, tais como glicose e frutose, em meio ácido. A importância de sua detecção no mel tem crescido, por ser utilizado como indicador de qualidade, já que a quantidade de HMF é maior em méis submetidos a altas temperaturas e a longos períodos de armazenamento. A legislação aceita no máximo 60 mg/kg de hidroximetilfurfural no mel (BRASIL, 2000).

Oliveira *et al.* (2015) afirmam que as características dos méis variam dependendo da sua origem floral, do tipo de solo, da espécie das abelhas e do tipo de manejo em que eles são cultivados. A qualidade do mel é avaliada por sua cor, seu aroma e seu sabor. A cor e algumas outras características do mel também são afetadas pelos tratamentos térmicos que lhe são dados e por suas condições de armazenamento.

Tabela 1 – Características físico-químicas do mel, em g/100g, valores médios, de acordo com os padrões da legislação brasileira – Instrução Normativa No. 11, de 20 de outubro de 2000

PARÂMETROS	Limites, g/100g
Umidade	máx. 20
AÇÚCARES REDUTORES	
Mel floral	mín. 65
Melato ou mel de melato e sua mistura com mel floral	mín. 60
SACAROSE APARENTE	
Mel floral	máx. 6
Melato ou mel de melato e sua mistura com mel floral	máx. 15
PUREZA	
Sólidos insolúveis em água	máx. 0,1 (exceto no mel prensado: máx. 0,5)
MINERAIS (CINZAS)	
Mel floral	máx. 0,6
Melato ou mel de melato e sua mistura com mel floral	máx. 1,2
pólen	Deve apresentar grãos de pólen

Fonte: BRASIL (2000)

A FAO (2019) relatou que as abelhas estão em risco de extinção; as taxas atuais de desaparecimento de espécies estão entre cem a mil vezes superiores ao normal devido à atividade humana. Três de cada quatro culturas que produzem frutos ou sementes para consumo humano no mundo dependem das abelhas e de outros polinizadores. A FAO promove assistência técnica aos países, desde a criação de abelhas-rainhas até a inseminação artificial, mediante soluções sustentáveis para a produção de mel e sua comercialização para exportação.

O mel é a matéria-prima principal para a produção de hidromel. Dessa forma, suas características exercem grande influência no produto (RAMALHOSA *et al.*, 2011). A composição do mel é bastante complexa e inclui diversas substâncias, como: carboidratos, ácidos orgânicos, flavonóides, ácidos fenólicos, aminoácidos, compostos aromáticos, proteínas, minerais, vitaminas, lipídios, pigmentos, 5-hidroximetilfurfural (HMF), ceras, grãos de pólen, várias enzimas e outros fitoquímicos (EREJUWA *et al.*, 2012; KEMPKA, MANTOVANI, 2013; SANTOS-BUELGA, GONZÁLEZ-PARAMÁS, 2017; PEEPALL *et al.*, 2019). De acordo com Reys e Sánchez (2017), a classificação botânica e geográfica do mel determina seu valor no mercado, o controle e a certificação de qualidade, sendo de grande importância para os consumidores e a indústria de mel.

Preparo e tratamento do mosto

O mosto consiste em uma diluição de mel e sais minerais em água na proporção desejada. A porção de água inserida no preparo do mosto pode ser substituída por polpas de frutas e extratos, dependendo do tipo de hidromel a ser produzido e do teor alcoólico desejado (FERRAZ, 2015; PEREIRA, MENDES-FERREIRA, *et al.*, 2015; BALOGU; TOWOBOLA, 2017; AMORIM *et al.*, 2018; ARAÚJO *et al.*, 2020). Para a produção do hidromel, é necessária a diluição do mel, devido ao teor de carboidratos, à baixa quantidade água e ao baixo pH – que são fatores que impedem o crescimento de muitos microrganismos (IURLINA *et al.*, 2005). A proporção de diluição do mel determina o tipo de hidromel produzido, as proporções mais usadas são: 1: 0,5, 1: 1, 1: 2 e 1: 3 (SROKA, TUSZYŃSKI 2007).

Além da diluição do mel, podem ser utilizados vários suplementos, como misturas de mel, polpas ou sucos de frutas e legumes – como banana, amora, soja, uva, arroz preto, maçã, leite de coco, extratos de cereais, raízes, flores, folhas, ácidos orgânicos e pólen (MENDES-FERREIRA, *et al.*, 2010; ROLDÁN *et al.*, 2011; FERRAZ, 2015; BALOGU; TOWOBOLA, 2017). Também pode incluir energizadores, os quais fornecem as vitaminas e os compostos que a levedura necessita para crescer e acelerar a fermentação (MCCONNELL, SCHRAMM, 1995; NAVRÁTIL *et al.*, 2001; PEREIRA *et al.*, 2009; MENDES-FERREIRA *et al.*, 2010).

Esses suplementos são geralmente adicionados no preparo do mosto ou após a fermentação. Os suplementos são utilizados como agentes catalisadores, que aceleram o tempo de fermentação e aumentam a taxa de produção de etanol; com isso, favorecem o desenvolvimento das leveduras e a melhora das características sensoriais do produto (PEREIRA *et al.*, 2014). Esses suplementos comerciais são utilizados no mosto no intuito de sanar a deficiência do mel em nitrogênio e minerais, para produzir um hidromel de qualidade superior (IGLESIAS *et al.*, 2014; FERRAZ, 2015). Os suplementos comerciais mais comuns são: sulfato, fosfato de potássio, cloreto de magnésio, ácido cítrico, citrato de sódio, biotina, piridoxina, mio-inositol, pantotenato de cálcio, tiamina e peptona. Pesquisas estão sendo desenvolvidas para produzir e utilizar suplementos naturais a partir de extratos que forneçam condições necessárias para otimizar os parâmetros e as condições da fermentação para produção de hidromel (PEREIRA *et al.*, 2009; MENDES-FERREIRA *et al.*, 2010; IGLESIAS *et al.*, 2014; GOMES *et al.*, 2015; MASCARENHAS *et al.*, 2017; AMORIM *et al.*, 2018; ARAÚJO *et al.*, 2020).

Mendes-Ferreira *et al.* (2010) otimizaram a preparação do mosto de mel para produção de hidromel, pela suplementação do mosto de mel com tartarato de potássio, ácido málico e fosfato de diamônio (DAP), e foram capazes de reduzir o tempo de fermentação para 11 dias. Kahoun *et al.* (2017) relatam que é provável que a composição e o conteúdo de compostos fenólicos nos hidroméis sejam influenciados não apenas pelos aditivos, mas também pela tecnologia do processo empregada, como os meios de preparação do mel, a fermentação, a maturação, o armazenamento em garrafas e o aquecimento antes do consumo, entre outros.

Seleção e preparo da levedura

A ativação da levedura deve se dar conforme as especificações do fabricante. A inoculação da levedura pode ser diretamente no mosto ou ainda utilizando a levedura imobilizada em gel de alginato de cálcio para produzir hidromel de maneira contínua (PEREIRA *et al.*, 2014). Após a inoculação da levedura, o sistema fermentativo é vedado e, durante toda a fermentação, é realizada uma amostragem asséptica para monitorar o crescimento e os parâmetros fermentativos (MENDES-FERREIRA *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2014; ARAUJO *et al.*, 2020).

O preparo do meio de fermentação, constituído do mosto, aditivos e levedura, é uma etapa simples mas exige que o pH seja mantido dentro da faixa de 3,7 a 5,0 durante toda a fermentação e para isso deve-se fazer a correção do pH. A adição de um tampão auxilia na correção do pH. Os tampões mais utilizados são: carbonato de cálcio, carbonato de potássio, potássio bicarbonato, ácido tartárico, ácido cítrico ou ácido láctico (IGLESIAS *et al.*, 2014).

Fermentação

A fermentação de soluções com mel ocorre de maneira mais lenta devido à alta concentração de açúcar do mel, a alta pressão osmótica resultante ou a presença de alguns agentes inibidores (PEREIRA *et al.*, 2013; SROKA, SATORA, 2017). Dessa forma, a fermentação do hidromel depende de vários fatores, como a especificidade da cepa de levedura, a suplementação do mosto, o controle de pH e a adição de nutrientes para suprir deficiências, como, por exemplo, a deficiência de nitrogênio disponível e a baixa concentração mineral

(NAVRÁTIL *et al.*, 2001; SROKA *et al.*, 2007; MENDES-FERREIRA *et al.*, 2010; RAMALHOSA *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2013).

A abordagem deste tópico será melhor descrita no item 2 deste capítulo, em parâmetros fermentativos.

Clarificação

A clarificação de bebidas alcoólicas tem por objetivo eliminar todas as partículas insolúveis presentes no produto final, pois essas partículas são responsáveis pela turvação da bebida e/ou pela formação de precipitado durante o armazenamento sob refrigeração. Esse procedimento pode ser realizado por filtração ou pela adição de produtos clarificantes. Esse processo é denominado colagem, as “colas” orgânicas mais comumente utilizadas são a gelatina, a albumina e a caseína, além de minerais como a bentonite, que é uma argila com grande capacidade de expansão e poder de adsorção (AQUARONE *et al.*, 2001). A clarificação com bentonite foi adequada para a obtenção de hidroméis contendo polpas de abacaxi e de tamarindo com boas propriedades visuais de intensidade da cor, tonalidade, cor amarela e transmitância (ANUNCIACÃO *et al.*, 2017; MASCARENHAS *et al.*, 2017).

Hidrocoloides, como gelatina e ágar, e polissacarídeos, como a carboximetilcelulose (CMC) e as gomas, podem ser eficazes na estabilização e na clarificação de bebidas devido às suas propriedades de suspensão e floculação (PHILLIPS; WILLIAMS, 2000; PENNA, 2004; ROHR, 2007). A clarificação do hidromel, assim como de vinhos e sucos de frutas, pode ser realizada com a utilização de enzimas pectinases comerciais (UENOJO; PASTORE, 2007; KOBLITZ, 2008). A adição de pectinases reduz a viscosidade e promove a precipitação das partículas de turvação, facilitando a sua remoção pelos processos de filtração e centrifugação (KOBLITZ, 2008).

Envelhecimento do hidromel

O processo de envelhecimento do hidromel surge como uma etapa a mais, pois não é uma exigência, mas agrega valor à bebida, porque, à medida que envelhece, o hidromel torna-se mais palatável – “desce macio”, como dizem os consumidores que apreciam bebida alcoólica. Assim como o envelhecimento

de vinhos, o hidromel descansa, por determinado tempo, em tonéis de madeira – geralmente de carvalho. A madeira permite que o oxigênio penetre lentamente no produto, favorecendo uma série de reações químicas, o que contribui para melhorar a palatabilidade, além de despertar aromas agradáveis, agregando valor ao produto (FERRAZ, 2015).

As bebidas fermentadas são bastante difundidas e apreciadas mundialmente. Com a indústria de bebidas cada vez mais competitiva e exigente em níveis de qualidade e segurança, tornou-se crucial o avanço de pesquisas em prol do desenvolvimento de novos produtos. A partir do hidromel é possível obter derivados tais como bebidas fermentadas tipo espumantes a partir de uma segunda fermentação e de aguardentes a partir do processo de destilação (Figura 1).

2 PARÂMETROS FERMENTATIVOS

Composição química do hidromel comercializado no Brasil

No Brasil, a instrução Normativa MAPA Nº 34, de 29/11/2012, estabelece a complementação dos padrões de identidade e qualidade para o hidromel comercializado em todo o território nacional, dispostos no Decreto no 6.871, de 4 de julho de 2009 (BRASIL, 2012). De acordo com esta instrução normativa, a composição química do hidromel deverá obedecer aos limites fixados (conforme os parâmetros apresentados na Tabela 2).

Tabela 2 – Parâmetros estabelecidos para a composição química do hidromel comercializado em todo o território nacional, dispostos na Instrução Normativa MAPA nº 34 de 29/11/2012

Parâmetros	Limite mínimo	Limite máximo	Classificação
Acidez fixa (meq/L)	30	-	-
Acidez total (meq/L)	50	130	-
Acidez volátil (meq/L)	-	20	-
Anidro sulfuroso (g/L)	-	0,35	-
Cinzas (g/L)	1,5	-	-
Cloretos totais (g/L)	-	0,5	-
Extrato seco reduzido (g/L)	7	-	-
Graduação alcoólica (%v/v a 20°C)	4	14	
Teor de açúcar (g/L)	-	< 3	Seco
	> 3	-	Suave

Fonte: BRASIL (2012)

De acordo com esta normativa, o hidromel é uma bebida com graduação alcoólica de 4 a 14% em volume, a 20 °C (Tabela 2), obtida pela fermentação alcoólica de uma solução de mel de abelha, sais nutrientes e água potável (BRASIL, 2012).

A acidez total corresponde à soma dos ácidos tituláveis presentes na bebida quando esta é neutralizada com solução alcalina (RIZZON, 2010). Os ácidos orgânicos voláteis constituem a acidez volátil. Neste caso, o ácido acético é o principal representante e seu excesso pode transmitir à bebida um gosto avinagrado, enquanto baixos níveis de acidez volátil indicam sanidade da bebida (NEMETH *et al.*, 2010). A acidez fixa é dada pela diferença entre a acidez total e a acidez volátil (RIZZON, 2010). A legislação vigente preconiza que a acidez volátil do hidromel deva ser expressa em ácido acético correspondente ao valor máximo de 20 meq/L (Tabela 1). Como o ácido acético, o ácido fórmico também aumenta significativamente a acidez volátil (SROKA; TUSZYNSKI, 2007), mas deve ser recalculada para o padrão – o ácido acético (Tabela 2). Os ácidos orgânicos são uma fração importante das bebidas, influenciando em suas propriedades sensoriais, como cor, aroma e sabor, e relacionando-se ainda com a estabilidade microbiológica das bebidas alcoólicas (SROKA; TUSZYNSKI, 2007).

No processo, a água destilada poderá servir para a padronização do teor de sólidos solúveis (°Brix) do mosto fermentado e das matérias-primas, bem como para reduzir a graduação alcoólica do produto final (BRASIL, 2012). Para a elaboração do hidromel, não poderá ser utilizado nenhum tipo de açúcar (Tabela 2) (BRASIL, 2000).

O teor de resíduos minerais fixos, que são denominados também como cinzas, é um parâmetro da determinação da qualidade do mel, pois expressa os teores de minerais presentes, relacionando-se à sua origem botânica, variando entre 0,1 e 1,0%, para mel floral e mel de melato (BOGDANOV *et al.*, 1999). No hidromel, o teor de cinzas deve exceder o limite mínimo de 1,5 g/L (Tabela 2) (BRASIL, 2012).

O teor de cloretos, quando em excesso, pode indicar a adição de ácido clorídrico no mosto para acidificar, o que não é permitido. O anidrido sulfuroso total (SO₂) corresponde à soma do dióxido de enxofre livre mais o combinado existente na bebida, podendo indicar se o metabissulfito foi administrado em excesso durante a sulfitação (RIZZON, 2010). A sulfitação do mosto é uma etapa

que consiste na incorporação de anidrido sulfuroso (SO_2), com a finalidade de prevenir a contaminação bacteriana do mosto, sendo recomendada a adição de metabissulfito de potássio em concentrações variando de 50 a 100 mg/L (GUPTA; SHARMA, 2009). A sulfitação pode ocorrer aliada à pasteurização ou, ainda, ser substituída pela pasteurização (SROKA; TUSZYŃSKI, 2007) (Figura 1).

Os valores de extrato seco apresentam relação direta com o aumento da concentração de mel na formulação dos hidroméis. O extrato seco (ES) é composto por açúcares, ácidos fixos, sais orgânicos, sais minerais, poliálcoois, compostos fenólicos, compostos nitrogenados e polissacarídeos (RIZZON; MIELE, 2002). Quanto maior a quantidade de mel na formulação, maiores serão os teores de açúcares redutores (AR) e de acidez total (RIZZON; MIELE, 2002). O extrato seco reduzido (ESR) está diretamente relacionado com os teores de ES, pois a sua determinação se dá pela subtração dos teores de açúcares redutores dos valores de extrato seco presentes na bebida (RIZZON, 2010). O hidromel deve apresentar teores de extrato seco reduzido no mínimo de 7 g/L (BRASIL, 2012), apesar de a legislação brasileira vigente não estabelecer valores para extrato seco. De acordo com Rizzon (2010), o teor de extrato seco total confere um aspecto sensorial à bebida associado à viscosidade, com indicação de uma bebida leve ($< 20\text{g/L}$) ou encorpada ($> 20\text{g/L}$).

O HMF é um aldeído cíclico formado pela degradação de açúcares, resultando na redução do valor nutricional do mel e, conseqüentemente, do hidromel (KAHOUN *et al.*, 2008). Este composto resulta da desidratação de hexoses em condições ácidas. Apesar de não haver referência para as determinações de HMF e compostos fenólicos para o hidromel na legislação brasileira, mais precisamente, nos Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) do hidromel (BRASIL, 2012), estes são considerados os parâmetros mais importantes para avaliar a qualidade dessa bebida (KAHOUN *et al.*, 2008). Como sua cinética de formação varia diretamente com a temperatura, torna-se um indicador de superaquecimento e armazenamento em condições impróprias – tanto do mel quanto do hidromel (KAHOUN *et al.*, 2008). A ausência da maioria dos compostos fenólicos comuns (miricetina, triacetina, quercetina) é indicadora de aquecimento excessivo durante a produção do mel e do hidromel (RAMALHOSA *et al.*, 2011).

Condições da fermentação

A fermentação do hidromel pode levar alguns meses ou até anos e é dependente principalmente do tipo de mel, da levedura, da suplementação e nutrientes, do controle de pH e temperatura (MENDES-FERREIRA *et al.*, 2010). Durante o processo fermentativo, alguns problemas podem ocorrer, sendo o mais comum a incapacidade de atingir o teor alcoólico desejado, fermentações longas e a heterogeneidade do produto final (PEREIRA *et al.*, 2014).

Estudos têm sido reportados na literatura sobre a produção dessa bebida, demonstrando a necessidade da realização de pesquisas que visem à padronização de parâmetros importantes na sua fabricação (SROKA; TUZYNSKI, 2007). Os avanços científicos realizados para a produção do hidromel incluem o desenvolvimento de formulações de aditivos, otimização das condições de fermentação e melhorias no processamento (DIGBY, 1910; IGLESIAS, 2014).

Microrganismos

Antigamente, na produção do hidromel, a fermentação alcoólica era resultado do crescimento de microrganismos selvagens naturalmente presentes no mel (MILESKI, 2016). Recentemente, cepas selecionadas e leveduras comerciais têm sido usadas para reduzir os riscos de contaminação e para se ter maior controle durante o processo fermentativo (MENDES-FERREIRA *et al.*, 2010; ROLDAN *et al.*, 2011). A fermentação do hidromel tende a ser lenta e requer cepas selecionadas de leveduras, bem como ótimo controle das condições de processo envolvidas no metabolismo das cepas (RAMALHOSA *et al.*, 2011).

Há diversas cepas de leveduras enológicas, em sua maioria da espécie *Saccharomyces cerevisiae* (SCHULLER; CASAL, 2005). De acordo com Chen *et al.* (2013), nos primeiros estudos sobre seleção de leveduras para produção de hidromel, sugeriu-se que, devido à baixa homologia entre o mel e o mosto de vinho, no que diz respeito aos conteúdos de açúcares e nitrogênio assimilável, a *Saccharomyces cerevisiae* não seria o microrganismo mais adequado para o processamento.

No entanto, estudos conduzidos utilizando diversas linhagens diferentes de *S. cerevisiae*, dentre elas a C11-3 (NAVRÁTIL *et al.*, 2001) e a BRL-7 (QURESHI; TAMHANE, 1986), de coleções de culturas e cepas comerciais, como a Premier

cru® (PEREIRA *et al.*, 2009) e a ENSIS-LE5® (ROLDÁN, 2011), demonstraram que essa levedura, similar à usada na produção de vinho, cerveja e champag-ne, é adequada para a fermentação de hidromel (IGLESIAS *et al.*, 2014). Fer-raz (2015), avaliando o desempenho fermentativo de diferentes leveduras na produção de hidromel, verificou que a cepa *S. bayanus* Pasteur Champagne (atual Premier Blanc®) se destacou-se em relação aos parâmetros fermentati-vos estudados, quando comparada às demais cepas avaliadas, sendo a levedura que apresentou o melhor resultado de produtividade volumétrica em relação a etanol – equivalente a 1,134 g/L.h

De acordo com Pereira *et al.* (2009), leveduras selecionadas são cepas in-duzidas a operar e a se reproduzir mesmo em condições adversas, em mostos com alto teor de substrato, temperatura não ideal e elevados níveis de etanol. Elas devem possuir alta capacidade de conversão de açúcar em álcool.

Mostos de mel contêm quantidades relativamente altas de ácidos graxos anfífilos de cadeia média e outros inibidores, como hidroximetilfurfural e compostos fenólicos (SROKA; TUSZYNSKI, 2007; KAHOUN *et al.*, 2008), que podem reduzir o crescimento das leveduras, a cinética fermentativa e a pro-dução de etanol (SROKA; SATORA, 2017). Frequentemente, durante o processo fermentativo de mostos de alta gravidade, a quantidade apropriada de álco-ol não é atingida no tempo estimado (IGLESIAS *et al.*, 2014). De acordo com Sroka e Satora (2017), esse problema pode ser resolvido com uso de cepas de leveduras isoladas do mel, células adaptadas a altas concentrações de açúcar, fermentação de alta densidade celular ou imobilização de leveduras em géis. A atenuação também pode ser elevada através da suplementação do mosto com compostos ricos em nitrogênio assimilável, sais e vitaminas (PEREIRA *et al.*, 2015; PEREIRA *et al.*, 2014).

Carboidratos

Na produção de hidromel, o preparo do mosto, principalmente no tocante à concentração de açúcares (°Brix), bem como a determinação final da fer-mentação, são fatores que definem os seus diferentes tipos (GUPTA; SHARMA, 2009). A qualidade final do produto depende da fonte do mel, das leveduras e dos aditivos utilizados (GUPTA; SHARMA, 2009). Dependendo da proporção em que o mel é diluído, diferentes tipos de hidromel são obtidos; os mais finos

com 1:0,5 (mel: água) ou 1:1, 1:2 e 1:3 – estas são as concentrações mais usuais no processamento (SROKA; TUSZYNSKI, 2007).

O elevado teor de açúcares no mel torna o processo fermentativo bastante moroso, sendo a variedade do mel, a estirpe da levedura, os nutrientes disponíveis e o pH do meio (NAVRÁTIL *et al.*, 2001), variáveis importantes que afetam a produção e a qualidade do hidromel (MILESKI, 2016). As misturas (1:0,5 e 1:1) que contêm concentrações mais elevadas de açúcar podem ocasionar a inibição da levedura, devido à pressão osmótica excessiva (SROKA; TUSZYŃSKI, 2007).

Os diferentes tipos de mel também influenciam a fermentação; o mel escuro é mais rico em minerais do que o mel claro, interferindo assim na obtenção do produto final (FONSÊCA, 2013). De acordo com Gupta e Sharma (2009), o mel de coloração mais próximo ao castanho é o mais recomendado para a produção do hidromel, uma vez que a utilização de mel muito escuro resulta em um produto com aromas desagradáveis.

Acidez

O pH do mosto é um outro fator relevante a ser considerado. No mel, o pH varia entre 3,4 e 6,1 (IURLINA; FRITZ, 2005), enquanto o mosto apresenta baixo poder tamponante, podendo o pH decrescer, durante o processo fermentativo, a um ponto que limite a atividade das leveduras (RAMALHOSA *et al.*, 2011). O mel é uma matéria-prima caracterizada por baixa acidez; para garantir o pH ótimo do mosto, às vezes adiciona-se ácido cítrico ou tartárico (GOGOL; TUSZYNSKI, 1996). A acidez do mosto é influenciada por vários tipos de ácidos, dentre eles os aminoácidos, os ácidos inorgânicos e os ácidos orgânicos produzidos por bactérias e leveduras no processo fermentativo (RIBÉREAU-GAYON, 2006). O ácido acético, na fermentação, altera o metabolismo da levedura, reduzindo a síntese de glicerol e a produção de biomassa. As células de levedura usam mais ATP para transformar íons acéticos em acetil-CoA e remover os prótons provenientes da dissociação ácida, o que leva a um ligeiro aumento na produção de etanol (TAHERZADEH; NIKLASSON; LIDÉN, 1997).

De acordo com Fleet (1994), os ácidos orgânicos também se formam como subprodutos da fermentação, observando-se um rápido aumento da acidez nas primeiras horas do processo, causando rápida queda de pH e interrupção da fermentação. Esse fenômeno ocorre, principalmente, pela formação de ácido

succínico e é fortemente dependente da cepa de levedura e da concentração de compostos nitrogenados. Visando minimizar a queda do pH a valores que possam afetar o processo fermentativo, sugere-se a utilização de agentes tamponantes na formulação do mosto, a fim de manter o pH numa faixa entre 3,7 e 4,0 (McCONNEL; SHRAMM, 1995). A composição do mel e a ação de leveduras e bactérias sobre o mosto são fatores que influenciam diretamente na acidez total. A adição de ácidos orgânicos ao mosto pode ser uma alternativa tecnológica para o ajuste da acidez no produto final (FERRAZ, 2015).

Compostos nitrogenados e suplementação

Os baixos níveis de substâncias nitrogenadas e de minerais no mel, indispensáveis para a multiplicação das leveduras, e o pH ácido do caldo fermentativo afetam negativamente a evolução do processo de fermentação (MILESKI, 2016). Com o intuito de favorecer o metabolismo da levedura, diferentes nutrientes podem ser adicionados ao mosto. A suplementação é uma prática tecnologicamente adequada e está prevista na legislação brasileira (BRUNELLI, 2015).

Segundo Mileski (2016), os atrasos nas fermentações e a produção de *flavours* indesejados são alguns dos problemas encontrados na produção de hidromel. Tais fatores estão associados com a incapacidade de resposta das leveduras para se adaptar às condições de estresse desfavoráveis ao seu crescimento. Dentre os nutrientes assimilados pelas leveduras durante a fermentação, os compostos nitrogenados são quantitativamente os mais importantes, depois dos compostos de carbono, pois são essenciais para seu crescimento e metabolismo (CASELLAS, 2005). Os aditivos são usados para regular a acidez do mosto, melhorar as taxas fermentativas, a produção de álcool e as características finais do hidromel (PEREIRA *et al.*, 2014; VIDRIH; HRIBAR, 2007).

Temperatura

No processo fermentativo, temperaturas acima de 25°C, junto com alta concentração de açúcares (glicose e frutose) e outros nutrientes, levam ao maior consumo de açúcares (PEREIRA *et al.*, 2009). Temperaturas muito baixas, menores do que 25°C, e quantidade reduzida de nutrientes são associadas a altas concentrações finais, com glicose e frutose superiores a 3,5 e 10 g/L,

respectivamente, o que pode promover a ocorrência de refermentações indesejáveis (IGLESIAS *et al.*, 2014).

Atrasos no processo fermentativo relacionados à temperatura inadequada, ao estresse osmótico e à falta de nutrientes essenciais podem gerar compostos indesejáveis, originando um produto com sabor residual em função da incapacidade das leveduras em adaptar-se ao meio (PEREIRA, 2009). A temperatura influencia diretamente na síntese de álcoois superiores, dessa forma um aumento na produção de iso-butanol, álcool amílico, álcool iso-amílico e etanol-2-fnol resulta do aumento de temperatura durante a fermentação do mosto (VIDRIH; HRIBAR, 2007). Enquanto baixas temperaturas ajudam a atingir fermentação mais estável, melhor transformação de compostos aromáticos e sabor no produto final (ŠMOGROVIČOVA *et al.*, 2012).

Características sensoriais

A análise sensorial é um parâmetro fundamental a ser controlado na produção de uma bebida alcoólica – e não seria diferente para o hidromel. O aroma do hidromel depende do mel, do fermento utilizado nas condições de inoculação e da fermentação. A fermentação alcoólica aumenta a concentração dos voláteis e interfere nas propriedades do aroma, levando a uma bebida característica, aromática e saudável. A combinação dos compostos voláteis define a qualidade da bebida e, portanto, permite a distinção entre as bebidas (ANDREU-SEVILLA *et al.*, 2013).

Pereira *et al.* (2009) realizaram análise sensorial do hidromel produzido com células livres ou imobilizadas das cepas *Saccharomyces cerevisiae* QA23 e ICV D47 e encontraram, como resultado, que os hidroméis com aroma mais agradável foram os produzidos com células de levedura livres, independentemente da cepa utilizada. Embora esse estudo tenha fornecido uma contribuição significativa, ainda são necessárias mais pesquisas sobre a qualidade sensorial do hidromel.

As características sensoriais, principalmente o aroma e o sabor, das bebidas alcoólicas estão diretamente ligadas ao tipo de levedura utilizada no processo fermentativo (GUERRA, 2010). As leveduras utilizadas na produção de hidromel são normalmente cepas empregadas na produção de vinho, cerveja e champagne (GOMES, 2010). Essas leveduras devem apresentar baixas restrições

nutricionais e alta tolerância osmótica, características estas encontradas nos mostos destinados à produção de hidroméis (GUIMARÃES *et al.*, 2006; PEREIRA *et al.*, 2012). Além disso, devem apresentar elevado poder flocculante e alta velocidade fermentativa, além de produzir compostos aromáticos que contribuam com o aroma e o sabor da bebida (BRUNELLI, 2015).

No processo fermentativo os compostos que mais conferem aroma e sabor são formados no metabolismo secundário da levedura (GUERRA, 2010). De acordo com Ilha *et al.* (2008), os fermentos conferem aromas diversos e podem produzir diferentes teores alcoólicos e diferentes teores de açúcar residual na bebida. Certos fermentos não produzem além de 4% de álcool, outros (como *Saccharomyces bayanus*) podem atingir valores ligeiramente acima de 15% de teor alcóolico.

Chitarrini *et al.* (2020) mencionaram que houve diferença perceptível na análise sensorial de hidromel proveniente dos méis de floral e de melato, com maior apreciação pelo tradicional hidromel de mel floral. Esses autores demonstraram que há influência sensorial decorrente de diferentes componentes no hidromel, em particular da qualidade do mel. No entanto, mais estudos são necessários para estabelecer a relação entre o perfil químico e a percepção do sabor do hidromel (CHITARRINI *et al.*, 2020).

3 CONCLUSÃO

A produção do hidromel depende de várias etapas inter-relacionadas, desde a seleção do mel, a escolha da levedura, o preparo do mosto, os parâmetros fermentativos e o envelhecimento do produto – que, apesar de ser uma etapa não obrigatória, agrega-lhe valor e passa a ser imprescindível quando se deseja colocar no mercado um produto de excelência. A qualidade do hidromel ainda requer melhoramentos e, portanto, necessita de estudos mais acurados do processo. O futuro do hidromel é promissor, visto que pode ser produzido tanto em pequena escala, em locais do pequeno produtor de mel, até em maior escala de produção, com isso, colaborando para aumento de renda dos apicultores. O hidromel ainda é pouco consumido, apesar da aceitação da bebida pelos consumidores, de modo que falta um trabalho de *marketing* e de padronização do processo para facilitar a comercialização para melhorar a divulgação e a valorização do produto.

AGRADECIMENTOS

Apoio financeiro do CAPES do Brasil.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, T.S.; LOPES, S.B.; BISPO, J.A.C.; BONAFE, C.F.S.; CARVALHO, G.B.M.; MARTÍNEZ, E.A. Influence of acerola pulp concentration on mead production by *Saccharomyces cerevisiae* AWRI 796. **LWT – Food Science and Technology**, v.97, p.561-569, 2018.
- ANDREU-SEVILLA, A.J.; MENA, P.; MARTÍ, N.; GARCÍA VIGUERA, C.; CARBONELL-BARRACHINA, A.A. Volatile composition and descriptive sensory analysis of pomegranate juice and wine. **Food Research International**, v. 54, p. 246-254, 2013.
- ANUNCIAÇÃO, A.S.; MARTINS, J. A. B.; AMORIM, T. S.; CARVALHO, G. B. M. de; MARTINEZ, E. A. Polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) na produção de hidromel. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, p. 441-445, 2017.
- ARAÚJO, G.S.; GUTIÉRREZ, M.P.; SAMPAIO, K.F.; SOUZA, S.M.A.; RODRIGUES, R.C.L.B.; MARTÍNEZ, E.A. Mead production by *Sccharomyces cerevisiae* Safbrew T-58 and *Sccharomyces 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.
- BOGDANOV, S. et al. Honey quality and international regulatory standards: Review by the international honey commission. **Bee World**, v. 80, n. 2, p. 61-69, 1999. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=tbee20>>. Acesso em: 22 jun. 2020.
- BALOGU, T. V.; TOWOBOLA, O. Production and quality analysis of wine from honey and coconut milk blend using *Saccharomyces cerevisiae*. **Fermentation**, v. 3, n. 2, abr. 2017
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil). Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012**. 2012. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=247520>>. Acesso em: 15 jun. 2020.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura e Abastecimento**. Instrução normativa 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 out. 2000, Seção 1, p.16-17, 2000. Disponível em:<<http://extranet.agricultura.gov.br/sis-legisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=7797>>. Acesso em: 28 jun. 2020.

BRUNELLI, L.T. **Caracterização físico-química, energética e sensorial de hidromel**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2015.

CASELLAS, G. B. **Effect of low temperature fermentation and nitrogen content on wine yeast metabolism**. Tese (Doutorado) – Universitat Rovira i Virgili, Barcelona, Espanha, 2005.

CHEN, C. H.; WU, Y. L.; LO, D.; WU, M. C. 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, n. 4, p. 303–308, 2013.

CHITARRINI, G. et al. Volatile profile of mead fermenting blossom honey and honeydew honey with or without *Ribes nigrum*. **Molecules**, v. 25, n. 8, p. 1–15, 2020.

DIGBY, K. **The Closet of the Eminently Learned Sir Kenelm Digby Kt Opened**. Philip Lee Warner: London, UK, 1910.

EREJUWA, O.O.; SULAIMAN, S.A.; WAHAB, M.S.A. Review. Honey: A novel antioxidant. **Molecules**, v.17, p.4400–4423, 2012.

FAO - **Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Brasil**. Notícias. Dia internacional das abelhas: polinizadoras essenciais para o futuro dos alimentos. 20/05/2019. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1195001/>>. Acesso em: 28/06/2020.

FERRAZ, F.O. **Estudos dos parâmetros fermentativos, características físico-químicas e sensoriais de hidromel**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

FLEET, G. H. **Wine microbiology and biotechnology**. Sydney: Harwood Acad. Pub. p166–179, 1994.

FONSÊCA, A. R. P. **Reutilização de células imobilizadas na produção de hidromel**. 81p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2013.

GOGOL, D.;TUSZYNSKI, T. Miody pitne – tradycje, surowce i technologie. **Przemysł Fermentacyjny i Owocowo Warzywny**, v.8, p.25–27, 1996.

GOIS, G.C.; LIMA, C.A.B.; SILVA, L.T.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A. Composition of honey from *Apis Mellifera*: Quality requirements. **Acta Veterinaria Brasileira**, v.7, n.2, p.137–147, 2013.

GOMES, T. M. C. **Produção de Hidromel**: efeito das condições de fermentação. 74 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança, 2010.

GUERRA, C.C. Vinho Tinto. In: VENTURINI FILHO, W. G (Coord.). **Bebidas alcoólicas**: ciência e tecnologia. São Paulo: Blucher, 2010. cap. 11, p 209–233.

GUIMARÃES, T. M. et al. Isolation and characterization of *Saccharomyces cerevisiae* strains of winery interest. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 42, 2006.

GUPTA, J. K.; SHARMA, R. Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: A review. **Natural Products Radiance**, v.8, n.4, p.345-355, 2009.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produção Pecuária Municipal (PPM). Rio de Janeiro, v. 46, p.1-8, 2018. ISSN: 0101-4234.

IGLESIAS, A.; PASCOAL, A.; CHOUPINA, A. B.; CARVALHO, C. A.; FEAS, X.; ESTE-VINHO, L. M. Developments in the fermentation process and quality improvement strategies for mead production. **Molecules**, v. 9, p.12577-12590, 2014.

ILHA, E. C.; SANT'ANNA, E.; TORRES, R. C.; PORTO, A. C. MEINERT; E. M. Utilization of bee (*Apis mellifera*) honey for vinegar production at laboratory scale. **Acta Científica Venezolana**, v. 51, p. 231-235, 2000.

IURLINA, M. O.; FRITZ, R. Characterization of microorganisms in Argentinean Honeys from different sources. **International Journal of Food Microbiology**, v.105, p. 297-304, 2005.

JOSHI, V.; ATTRI, B.; GUPTA, J.; CHOPRA, S. Comparative fermentation behaviour. **Indian Journal of Horticulture**, v.47, p.49-54, 1990.

KAHOUN, D.; REZKOVÁ, S.; KRÁLOVSKÝ, J. Effect of heat treatment and storage conditions on mead composition. **Food Chemistry**, v.219, p.357-363, 2017.

KAHOUN, D.; REZKOVA, S.; VESKRNOVA, K.; KRALOVSKÝ, J.; HOLCAPEK, M. 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.

MASCARENHAS, A. M. de O.; AMORIM, T. S.; ANUNCIAÇÃO, A. S.; ALBINATI, F. L.; MARTÍNEZ, E. A. Produção de hidromel: efeito da concentração da polpa de abacaxi (*Ananas mill*). **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, p. 436-440, 2017.

MCCONNELL, D. S.; SCHRAMM, K. D. Mead success: Ingredients, processes and techniques. **Zymurgy**, v. 4, p.33-39, 1995.

MENDES-FERREIRA, A.; COSME, F.; BARBOSA, C.; FALCO, V.; INES, A.; MENDES-FAIA, A. Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. **International Journal of Food Microbiology**, v.15, n.144, p193-198, Nov 2010.

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

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.

NEMETH, A. H. et al. Evaluación química del vino de semeruco (*Malpighia* spp.) producido en el estado Falcón, Venezuela Chemical Evaluation of Acerola (*Malpighia* spp.) Wine Produced in Falcón, Venezuela. **Multiciencias**, v. 10, n. 3, p. 234-240, 2010.

OLIVEIRA, M.E.J.; VIEIRA, R.P.; GHERARDI, S.R.M. Qualidade de mel produzido sob a influência do agronegócio convencional e agroecológico. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.17, n.4, p.433-439, 2015.

PEEPALL, C.; NICKENS, D.G.; VINCIGUERRA, J.; BOCHMAN, M.L. An organoleptic survey of meads made with lactic acid-producing yeasts. **Food Microbiology**, v.82, p.398-408, 2019.

PENNA, A. L. B. **Hidrocolóides: Usos em Alimentos**. Caderno de Tecnologia & Bebidas. São José do Rio Preto: UNESP, 2004.

PEREIRA, A. P. R. **Caracterização de Mel com vista à Produção de Hidromel**. Escola Superior Agrária de Bragança, Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar), 2008.

PEREIRA, A.P.; DIAS, T.; ANDRADE, J.; RAMALHOSA, E.; ESTEVINHO, L.M. Mead production: Selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. **Food Chemical Toxicology**, v.47, p. 2057-2063, 2009.

PEREIRA, A. P. et al. Impact of inoculum size on mead aroma compounds formation by wine strains of *S. cerevisiae* CEB - Resumos em Livros de Atas / Abstracts in Proceedings. **Anais...** Bragança: 11o Encontro de Química dos Alimentos, 2012.

PEREIRA, A.P.; MENDES-FERREIRA, A.; OLIVEIRA, J.M.; ESTEVINHO, L.M.; MENDES-FAIA, A. High-cell-density fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* for the optimisation of mead production. **Food Microbiology**, v.33, p.114-123, 2013.

PEREIRA, A.P.; MENDES-FERREIRA, A.; OLIVEIRA, J.M.; ESTEVINHO L.M. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* cells immobilization on mead production. **LWT-Food Science and Technology**, v.56, n.1, p. 21-30, 2014.

PEREIRA, A. P.; MENDES-FERREIRA, A.; ESTEVINHO, L. M.; MENDES-FAIA, A. Improvement of mead fermentation by honey-must supplementation. **Journal of the Institute of Brewing**, v.121, p.405-410, 2015.

PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. **Handbook of hydrocolloids**. CRC Press: Cambridge, 2000.

QURESHI, N.; TAMHANE, D.V. Mead production by continuous series reactors using immobilized yeast cells. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.23, p.438-439, 1986.

RAMALHOSA, E.; GOMES, T.; PEREIRA, A. P.; DIAS, T.; ESTEVINHO, L. M. Mead production: tradition versus modernity. **Advances in Food and Nutrition Research**. v. 63, p. 102-116, 2011.

REYS, E.S.; SANCHÉZ, J.S. Bee Products – Chemical and Biological Classification Properties. **Springer: e-book**. Editor: José M. Alvarez-Suarez. 2017. Doi: 10.1007/978-3-319-59689-1.

RIBEIRO, M. V. S., OLIVO, J. E., ELLER, M. R. Fed-Batch and Staggered Nutrient addition: An improved method for mead production. **Industrial Biotechnology**, v.16:2, p.133-138, 2020. <https://doi.org/10.1089/ind.2019.0038>

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Handbook of enology** – the chemistry of wine, stabilization and treatments. v.2, 2.Ed. John Wiley & Sons, 2006, 441 p.

RIZZON, L. A. **Metodologia para análise de vinho**. [s.l: s.n.]

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. **Ciência Rural**, v. 32, n. 3, p. 511-515, 2002.

ROLDÁN, A.; VAN MUISWINKEL, G.C.J.; LASANTA, C.; CARO, I. Influence of pollen addition on mead elaboration: Physicochemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, v.126, p.574-582, 2011.

SANTOS-BUELGA, C.; GONZÁLEZ-PARAMÁS, M. Bee Products – Chemical and Biological Classification Properties. **Springer: e-book**. Editor: José M. Alvarez-Suarez. 2017. Doi: 10.1007/978-3-319-59689-1.

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

ŠMOGROVICOVÁ, D.; NÁDASKÝ, P.; TANDLICH, R.; WILHELMI, B.S.; CAMBRAY, G. Analytical and aroma profiles of slovak and south african meads. **Czech Journal of Food Science**, v.30, p. 241-246, 2012.

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

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

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, n. 15, p. 2653-2659, 1 ago. 1997.

Tamires Bastos de Almeida; Edinara Lacerda Queiroz
Eliana Vieira Canettieri; Rita de Cássia Lacerda Brambilla Rodrigues
Ernesto Acosta Martínez

CAPÍTULO 3

Métodos de elaboração de espumantes: uma revisão

MÉTODOS DE ELABORAÇÃO DE ESPUMANTES: UMA REVISÃO

ASPECTS OF SPARKLING WINE PRODUCTION: A REVIEW

Tamires Bastos de Almeida; Edinara Lacerda Queiroz; Anne Kettery Carneiro e Silva; Ernesto Acosta Martínez

Resumo

Entre as bebidas obtidas da produção de vinhos, os espumantes apresentam características mais diferenciadas com sua gaseificação como resultado de uma segunda etapa de fermentação em ambiente fechado. A produção de espumantes no Brasil vem aumentando a cada ano, com uma impactante contribuição para a indústria enológica do ponto de vista econômico em razão do valor agregado na maioria desses produtos. Este estudo aborda aspectos relacionados ao mercado de espumantes no Brasil, os principais métodos de elaboração, as etapas de cada processo e as perspectivas com relação às inovações tecnológicas relacionados a leveduras não-convencionais, técnicas enológicas inovadoras como a imobilização das leveduras, onde otimizam o processo e conferem significativas vantagens na produção. Os métodos mais utilizados no Brasil são os charmat e tradicional ou champenoise, que envolvem as etapas de elaboração de um vinho base e a incorporação de dióxido de carbono resultante de uma segunda fermentação em recipiente fechado. As características das bebidas são decorrentes das variedades de uvas utilizadas, composição química das matérias-primas, dos microrganismos livres em suspensão ou imobilizados, da formulação dos meios e das condições de fermentação.

Palavras-chave: Vinho base, Inovação tecnológica, Espumantes.

Abstract

Among the beverages obtained from wine production, sparkling wines have more distinctive characteristics due to their carbonation as a result of a second stage of fermentation in a closed environment. The production of sparkling wines in Brazil has been increasing every year, with an impactful contribution to the wine industry from an economic point of view due to the added value in most of these products. This study addresses aspects related to the sparkling wine market in Brazil, the main production methods, the stages of each process and the perspectives regarding technological innovations related to non-conventional yeasts, innovative oenological techniques such as yeast immobilization, which optimize the process and provide significant advantages in production. The most widely used methods in Brazil are charmat and traditional or champenoise, which involve the stages of production of a base wine and the incorporation of carbon dioxide resulting from a second fermentation in a closed container. The characteristics of the beverages are due to the varieties of grapes used, the chemical composition of the raw materials, the microorganisms free in suspension or immobilized, the formulation of the media and the fermentation conditions.

Keywords: Base wine, Technological innovation, Sparkling wines.

1. Introdução

Os espumantes são vinhos que possuem como principal característica a presença de gás carbônico em sua composição, provindos da segunda etapa da fermentação alcoólica, realizada em ambientes fechados e sob pressão (Bonino *et al.*, 2013). A matéria-prima para a produção de fermentados borbulhantes são comumente conhecidos como vinho base e o espumante se diferencia pela presença de gás carbônico, o que gera a *perlage* (bolhas) que confere características de frescor e leveza típicas do produto.

As primeiras informações sobre a produção de vinhos espumantes sugerem que seu início foi por volta do final do século XVII pelas mãos de Dom Pérignon, monge beneditino que tentou compreender os motivos da espumantização na garrafa e gerou uma abadia em Champagne, na França. Com a aprovação de Luís XIV, esta tipologia de vinho logo se propagou por todas as cortes europeias, que costumavam copiar a francesa, e tornou-se a bebida mais apreciada pelos czares no Império Russo (Buxaderas, López-Tamames, 2012).

O mercado global de vinhos espumantes atingiu um valor de US\$ 42,12 bilhões em 2022. A produção mundial de vinhos espumantes em 2018 alcançou 20 milhões de hectolitros (HL) pela primeira vez, com um aumento geral de mais de 57% desde 2002 e um aumento médio de 3% ao ano. No mesmo ano, o valor total das exportações de vinhos espumantes atingiu um recorde de 6,2 bilhões de euros, representando 20% do valor total das exportações de vinho, com um consumo global de 19 milhões de hectolitros (HL). O volume da produção mundial está concentrado (70–80%) na União Europeia, especialmente na França, Itália, Alemanha e Espanha, seguido pelos Estados Unidos da América. Novos países produtores surgiram nos últimos anos, particularmente o Reino Unido, Portugal, Brasil e Austrália (OIV, 2023).

O espumante passou a ocupar papel de destaque na vitivinicultura brasileira, com aumento relevante na produção e qualidade que se refletem tanto no mercado interno quanto no cenário global. No Rio Grande do Sul, região símbolo da produção vinícola do país, a base destinada à elaboração de espumantes aumentou 15,6% entre 2022 e 2023, confirmando sua expansão recente (SEAPI/RS, 2025). No mesmo período, o mercado brasileiro de espumantes registrou crescimento de 5,21% em 2022, contrariando a retração geral do segmento de vinhos, o que sinaliza um fortalecimento dessa bebida no panorama nacional (Ideal Consulting, 2023).

Os espumantes podem ser classificados quanto à cor, doçura e métodos de produção. No que se refere à cor, podem ser brancos, rosés ou tintos, sendo estes últimos de menor ocorrência, já que a refrescância das borbulhas se opõe à intensidade dos taninos presentes nos tintos. Conforme Brasil (2004), quanto à doçura, em valores de concentração crescente, podem ser classificados como nature, extra-Brut, Brut, seco/sec, semi-sec/meios eco e doce em função da concentração de açúcar com valores mínimos e máximos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Classificação do vinho espumante quanto ao teor de açúcar.

Nomenclatura	Mínimo (g/L)	Máximo (g/L)
Nature	0	3
Extra-Brut	3,1	6
Brut	6,1	15
Seco/Sec	15,1	20
Semi-sec/meio doce	20,1	60
Doce	60,1	-

Fonte: Brasil (2004) adaptada.

E, segundo os métodos de produção ou procedimentos fabris adotados, os espumantes podem ser obtidos principalmente a partir dos métodos *champenoise* ou tradicional, quando a segunda fermentação ocorre dentro das garrafas; *charmat*, quando a segunda fermentação ocorre em tanques de aço inoxidável. Enquanto que no método *asti* ou *moscatel* se atinge a efervescência com apenas um processo fermentativo, iniciando o processo como um vinho tranquilo e finalizando em tanques de aço inoxidável hermeticamente fechados. A legislação brasileira apresenta definições sobre espumantes provenientes da fermentação de vinho base de uva, não existindo uma legislação com parâmetros definidos para espumantes oriundos de outras fontes de carboidrato (Brasil, 2004).

2. Produção, consumo e mercado de espumantes brasileiros

Nas últimas décadas o mercado de espumantes no Brasil tem se destacado de forma imperativa, consolidando-se como um dos setores mais promissores da vitivinicultura nacional. O crescimento do mercado é impulsionado tanto pela qualidade crescente dos produtos quanto pela maior aceitação e consumo por parte dos brasileiros.

A produção nacional de espumantes tem ganhado reconhecimento internacional, onde a partir da participação em concursos no mundo obteve vários prêmios e

reconhecimentos (ABE, 2023). Historicamente, a produção de espumantes no Brasil remonta ao início do século XX, quando imigrantes italianos trouxeram seus conhecimentos e técnicas de vinificação para o sul do país. Nesse contexto, as primeiras vinícolas começaram a surgir, e foi em 1913, na cidade de Garibaldi, Rio Grande do Sul, que a vinícola Peterlongo produziu o primeiro espumante pelo método tradicional. Desde então, a evolução tem sido constante, com avanços tecnológicos e a adoção de novas técnicas de vinificação que aprimoram a qualidade dos produtos nacionais (Peterlongo, 2024). Entre os anos 1970 e 1980 houve um grande desenvolvimento na indústria de espumantes no Brasil. A entrada de grandes grupos vinícolas internacionais, como por exemplo a Moët & Chandon, que se instalou no Vale dos Vinhedos, no Rio Grande do Sul, trouxe investimentos em tecnologia e know-how essenciais (Cavalcante, Holanda, 2013).

O intercâmbio internacional contribuiu substancialmente para a melhoria da qualidade dos espumantes produzidos no Brasil. Atualmente, o país é reconhecido como um dos principais produtores de espumantes da América Latina, competindo em qualidade com os melhores do mundo. Ademais, a importância do setor de espumantes para a economia brasileira é inegável. Conforme dados da União Brasileira de Vitivinicultura - Uvibra, a vitivinicultura gera milhares de empregos diretos e indiretos, especialmente nas regiões produtoras do sul do país. Em 2023, o setor vitivinícola brasileiro movimentou mais de R\$ 5 bilhões, com os espumantes representando uma parte significativa deste montante. Tal impacto econômico ressalta a relevância do mercado de espumantes não apenas para a economia local das regiões produtoras, mas também para a economia nacional (UVIBRA, 2022; EMBRAPA, 2022; APEXBRASIL, 2023).

Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Pernambuco e Bahia são os estados com maior produção de espumantes no Brasil. A Serra Gaúcha, no Rio Grande do Sul, é uma região com clima favorável e solos ricos em minerais, que proporcionam as condições ideais para o cultivo de uvas viníferas sendo assim responsável por cerca de 90% da produção nacional (ABE, 2024).

Os principais tipos de espumantes produzidos no Brasil são o Brut, Demi-Sec, Moscatel e Rosé com características únicas que atendem a diferentes paladares e ocasiões. O Moscatel, por exemplo, apresenta sabor doce e aroma frutado, sendo um dos mais apreciados pelos consumidores brasileiros. Por outro lado, o Brut, mais seco, é amplamente utilizado em celebrações e eventos formais, destacando-se por sua elegância e complexidade (Souza, 2005).

Apesar dos avanços e do crescimento expressivo, o mercado de espumantes no Brasil enfrenta alguns desafios. A alta carga tributária sobre bebidas alcoólicas, por exemplo, impacta diretamente o preço final dos produtos, tornando-os menos competitivos em relação aos espumantes importados. A entrada desses espumantes dá margem às importações ilegais resultando em prejuízos fiscais que, por sua vez, ocasionam sonegação de milhões de reais em impostos, além de permitir a entrada de produtos sem controle de qualidade sanitária (MJSP, 2023). Apesar disso, as perspectivas para o futuro do mercado de espumantes no Brasil são promissoras, impulsionada pela qualidade crescente dos produtos nacionais e maior aceitação dos consumidores.

De acordo com a Associação Brasileira de Enologia – ABE, o consumo de espumantes no Brasil ultrapassou os 2 litros per capita, e entre produção interna e importação, houve um aumento de 18,1% de 2019 para 2022, evidenciando assim a expansão do setor e a diversificação dos produtos ofertados. Além disso, o mercado de espumantes brasileiros teve recorde nas exportações, em 2022, de jan a nov, com valores de US\$ 12,7 milhões, ultrapassando os US\$ 12,3 milhões de 2021 onde houve 53% de aumento em relação à 2020 (Mello, 2009; ABE, 2020; APEXBRASIL, 2023; Martins, 2023).

O Brasil registrou a comercialização de mais de 30,3 milhões de litros de espumante no mercado nacional entre os meses de janeiro e dezembro de 2021, quantidade aproximadamente 40% maior que no ano anterior. Este crescimento foi atribuído não apenas à maior oferta de produtos, mas também às estratégias de marketing e à expansão dos canais de distribuição, que facilitaram o acesso dos consumidores aos espumantes. Além disso, à pandemia do Covid-19 onde as pessoas precisaram ficar em ambientes fechados passou a fazer parte do cotidiano dos brasileiros quando antes era consumido em datas comemorativas e eventos (EMBRAPA, 2022; APEXBRASIL, 2023, Lima *et al.*, 2023).

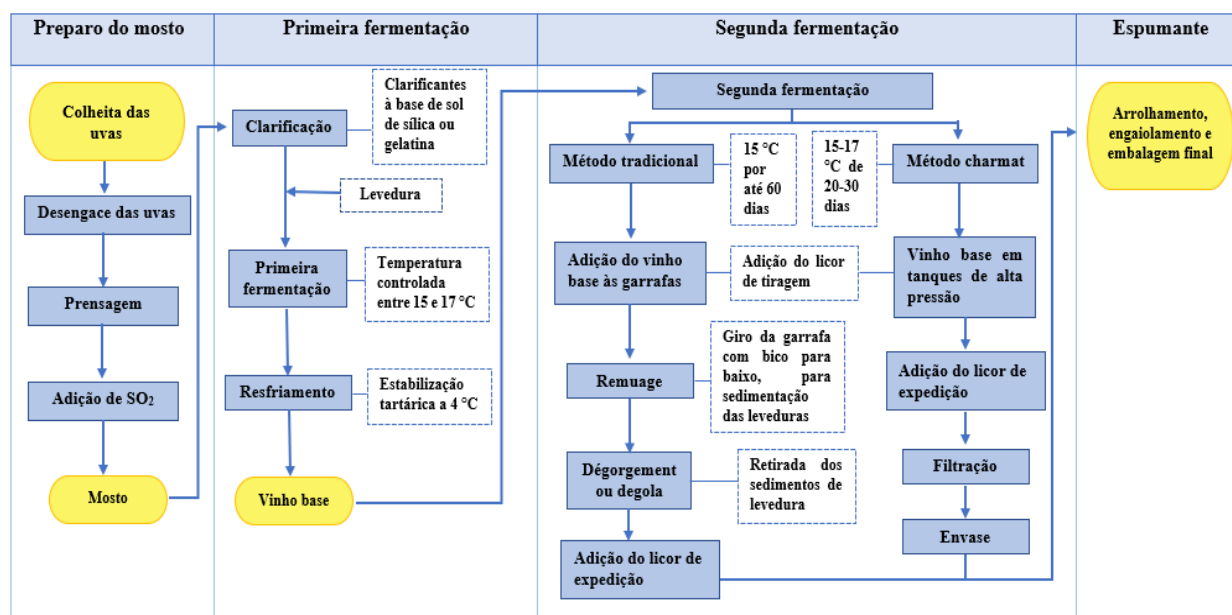
O mercado de exportação de espumantes brasileiros tem crescido gradualmente nos últimos anos, conquistando consumidores em diversas partes do mundo, em 2021 foram exportados 935 mil litros, 21% a mais que 2020, e em 2022 bateu o recorde nas exportações de vinhos e espumantes, US\$ 13,6 milhões para mais de 50 países. Em 2023, 24 vinícolas atendiam a 30 destinos diferentes, tendo como principais destinos os Estados Unidos, Inglaterra e China, onde a qualidade e o custo-benefício dos espumantes brasileiros têm sido amplamente reconhecidos (EMBRAPA, 2022; APEXBRASIL, 2023; Azevedo, 2023). Entretanto, o Brasil também importou uma quantidade significativa de

espumantes, com uma redução nos gastos de US\$27.796 em 2019 para US\$24.816 em 2021 (EMBRAPA, 2022). Esse comportamento reflete a demanda dos consumidores brasileiros por produtos diversificados e de diferentes origens, mas principalmente à preferência do consumidor pelos produtos nacionais. Nesse período, os principais países exportadores para o Brasil foram Chile (45%), Argentina (17%), Portugal (16%), Itália (7%) e Espanha (6%) (EMBRAPA, 2022).

3. Métodos de elaboração de espumantes

A definição legal de espumantes é bastante complexa e restritiva, pois suas especificações podem variar de acordo com a legislação de cada país, assim como as suas denominações de origem e indicações geográficas de procedência. Contudo a elaboração de espumantes decorre basicamente dos seguintes tipos de métodos ou processos de produção: tradicional e *charmat*, qualificado de ancestral ou tipo *asti* (no Brasil conhecido como moscatel), método de transferência isobarométrica e método contínuo (Flanzy, 2002; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006). Apesar das particularidades do processo de produção de espumante se expressarem essencialmente ao nível da fermentação secundária, a obtenção de vinho base de qualidade é de igual forma importante, como apresentado na Figura 1. Por um lado, porque contribui para as propriedades organolépticas do produto final (espumante), e por outro porque a cinética fermentativa depende de alguns parâmetros químicos do vinho (Santos, 2008).

Figura 1- Fluxograma de processo de produção de espumante pelo método tradicional e *charmat*.



Fonte: Autoria própria (2025)

3.1 Método *champenoise* ou tradicional

O processo *champenoise*, chamado também de tradicional, clássico ou fermentação na garrafa, foi desenvolvido na região de Champagne, na França, sendo utilizado em outras regiões vitivinícolas do mundo (Moreno-Arribas; Polo, 2009). O método inclui uma primeira etapa para produzir o vinho base e a segunda é realizada na garrafa para produzir dióxido de carbono, caracterizando a espumatização do produto final.

As etapas para o desenvolvimento do método *champenoise* (tradicional) estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1- Etapas da elaboração de espumante pelo método *champenoise* ou tradicional.

I- Primeira Fermentação - (produção do vinho base)	Colheita das uvas Desengace, maceração e prensagem das uvas para obtenção do mosto Adição de dióxido de enxofre Clarificação Adição de leveduras Fermentação controlada (15 -18 °C) Adição de coadjuvante de clarificação Estabilização tartárica Elaboração do vinho base Filtração Envase
--	---

II- Segunda	Adição do licor de tiragem (sacarose, leveduras, nutrientes e clarificante) ao vinho base.
Fermentação -	Envelhecimento na garrafa (autólise das leveduras)
(produção do	Remuage (giro de um quarto da garrafa em pupitre e
espumante)	inclinação deste para facilitar sedimentação das leveduras para o gargalo da garrafa)
	Dégorgement ou Degola (remoção das leveduras da garrafa)
	Adição de licor de expedição
	Rolhamento, engaiolamento e embalagem final

Fonte: Autoria própria (2025)

I- Primeira Fermentação (produção do vinho base)

Para realizar a colheita das uvas seu grau de maturação deve ser controlado devendo estar em estado de submaturação, principalmente o grau de maturação sendo necessário que as uvas ainda estejam em estado de submaturação. Dessa forma, será possível obter um grau alcoólico baixo e que possibilite uma fermentação dentro da garrafa com uma frescura ácida determinante para o equilíbrio do produto final. A colheita pode ser realizada de forma mecânica ou manual. Devido à topografia dos vinhedos, mão de obra menos onerosa e vinhedos relativamente pequenos quando comparados a outros países como França, Itália e Estados Unidos, para a obtenção de espumantes de maior qualidade a colheita é essencialmente realizada de forma manual e não mecanizada (Flanzy *et al.*, 2003).

Logo após a colheita as frutas são desengaçadas devendo estar inteiras para serem prensadas. As prensas hidráulicas e pneumáticas são as mais utilizadas e o mosto produzido é separado em frações correspondentes à prensagem utilizada. O fracionamento do mosto na prensagem é fundamental para obter um vinho ideal para a espumantização. À medida que se aumenta a pressão, os mostos perdem acidez com o simultâneo aumento na concentração dos compostos fenólicos e do pH (Ribéreau-Gayon, 2006). Consequentemente, a intensidade aromática e a suavidade no espumante final ficam comprometidos (Ribéreau-Gayon, 2006; Flanzy *et al.*, 2003; Zoecklein, 2002). O mosto é obtido a partir da prensagem da uva (*Vitis vinifera*) branca ou tinta. Com o aumento da intensidade da prensagem a acidez total diminui e ocorre o aumento do pH (Ribéreau-Gayon, 2006).

A adição de dióxido de enxofre é efetuada no mosto no momento em que escorre da prensa, e não diretamente na uva para evitar a extração de compostos fenólicos que

venham a provocar o escurecimento do mosto. Em alguns casos, a adição somente é realizada após a clarificação, pois parte da matéria corante poderia se oxidar durante esta etapa (Ribéreau-Gayon, 2006; Flanzy *et al.*, 2003).

A clarificação do mosto pode ser realizada de forma estática ou mediante centrifugação. Essa etapa é necessária para reduzir a concentração de proteínas e compostos fenólicos que venham a precipitar e causar o escurecimento do vinho base, porém, uma redução drástica de proteínas promove também a diminuição da efervescência e da persistência da espuma. A clarificação mais comum é realizada com a adição de moderadas quantidades de bentonita, geralmente em uma faixa de 0,05 a 0,1 g/L, pois quantidades elevadas reduzem a persistência da espuma no produto. Outros produtos enológicos e métodos como as enzimas pectolíticas, compostos à base de sílica e gelatina podem ser usados (Moreno-Arribas *et al.*, 2009; Rizzon; Meneguzzo; Abarzua, 2000).

Após a etapa de clarificação inicia-se o preparo do pé de cuba que consiste na hidratação da levedura em água morna a 35°C. Aos poucos pequenas quantidades de mosto são adicionadas ao pé de cuba, visando a adaptação da levedura no meio nas condições de temperatura entre 15°C e 17°C durante a fermentação (Peynaud, 1999; Rizzon; Meneguzzo; Abarzua, 2000). São adicionadas ao mosto leveduras selecionadas e a fermentação primária é efetuada em tanques de aço inox com temperatura controlada entre 15 e 17 °C, sendo acompanhado o processo pelas análises de açúcar residual e densidade. Depois de finalizada a primeira fermentação, procede-se à estabilização tartárica do vinho base por meio de seu resfriamento a 4 °C visando a precipitação dos ácidos orgânicos salificados (Moreno-Arribas *et al.*, 2009). O ácido tartárico é de extrema importância para a estabilização dos sais a frio, pois a sua presença no espumante prejudica a qualidade visual do produto e assim, o vinho base está pronto para a elaboração do espumante (Rizzon; Zanuz; Manfredini, 1994).

Para a formulação do vinho base, utilizam-se vinhos de diferentes safras, variedades e vinhedos, buscando-se obter melhores características sensoriais como aroma, acidez e corpo para promover a espumantização. Após a tiragem, as garrafas são encapsuladas com a vulgar cápsula de coroa e colocadas em estivas na posição horizontal. Para esta fase escolhe-se o período mais frio do ano visando que a fermentação (10°C a 12°C) demora entre um e dois meses. Estas condições garantem uma fermentação alcoólica lenta e regular, muito importante para a qualidade do produto final ou vinho base.

II- Segunda Fermentação - (produção do espumante)

A segunda fermentação ocorre na garrafa e confere cerca de 1,5% de álcool a mais que o teor existente no vinho base, favorecendo a produção de dióxido de carbono e o aumento da pressão responsável pela perlage e coroa do espumante. As garrafas devem ser armazenadas em temperatura menor que 15 °C, por aproximadamente 60 dias, até que a segunda fermentação seja concluída. Como resultado, a garrafa tem uma pressão interna de aproximadamente 6 atm e o espumante fica turvo em decorrência dos sedimentos das leveduras que realizaram a fermentação (Zoecklein, 2002).

As garrafas são colocadas em estivas onde pilhas de garrafas são deitadas umas sobre as outras e separadas por ripas de madeira e mantidas em temperatura entre 15 a 18 °C. Nessas condições, as leveduras sedimentam e entram em processo de autólise liberando substâncias ao meio, principalmente compostos nitrogenados, responsáveis pela qualidade característica desse tipo de espumante. O tempo necessário para o envelhecimento e a autólise é regulamentado pela legislação do país ou pelas normas de denominação de origem. Na Espanha, o tempo mínimo para as Cavas é de nove meses (Council Regulation, 1999); para os espumantes italianos com denominação de origem de Trento, no mínimo 15 meses para o branco comum e 24 meses para o reserva (Chemolli *et al.*, 2011). Os champagnes franceses, para serem considerados non vintage, no mínimo 15 meses e, vintage, no mínimo 36 meses de envelhecimento (França, 2010).

O remuage ou rotação da garrafa ocorre com a aproximação da data de colocar o espumante no mercado após a autólise das leveduras e o envelhecimento do espumante. Para que esse processo ocorra as garrafas são colocadas com o bico para baixo e giradas progressivamente com aproximadamente um quarto de volta uma a uma em estruturas chamadas pupitres, que permitem a decantação dos sedimentos aproximando do topo do gargalo, o desenvolvimento dessa técnica dura aproximadamente 20 dias e pode se estender até oito semanas (Jackson, 2008).

O Dégorgement ou degola e adição de licor de expedição consiste em, após a decantação dos sedimentos, retirar cuidadosamente as garrafas dos pupitres, congelar o pescoço da garrafa em um congelador de bicos, retirar a tampa de metal que, em razão da pressão interna da garrafa, expele o bloco de gelo contendo os sedimentos que se formam no bico em conjunto com o opérculo. A seguir, se adiciona o licor de expedição, que pode ser formado por vinhos diversos ou o próprio espumante, se fecha a garrafa com uma

rolha de cortiça e gaiola de arame, se realiza a rotulagem e embalagem das garrafas para a expedição. Para estabilizar a pressão dentro da garrafa é importante deixá-la, pelo menos, um mês em repouso antes da comercialização (Zoecklein, 2002).

3.2 Método Charmat

Nos métodos *asti* e *charmat* os espumantes são obtidos com uma pressão mínima de 4 atm a 20° C e teor alcoólico de 10% a 13% v/v. O *charmat* é caracterizado pela segunda fermentação ser realizada em tanques de inox também denominados de autoclave ou vasos de pressão que suportam altas pressões. A elaboração do vinho base é similar ao realizado no método tradicional. O vinho base é fermentado em recipiente fechado, ou seja, em grandes fermentadores de mosto, que produzem o aumento da pressão resultante do dióxido de carbono liberado na fermentação pelas leveduras. As principais etapas do método *charmat* estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2- Etapas de elaboração de espumante pelo método *charmat*

I- Primeira Fermentação - (produção do vinho base)	Colheita das uvas
	Desengace, maceração e prensagem das uvas para obtenção do mosto
	Adição de dióxido de enxofre
	Clarificação
	Adição de leveduras
	Fermentação controlada (15 -18 °C)
	Adição de coadjuvante de clarificação
	Estabilização tartárica
	Elaboração do vinho base
	Filtração
II- Segunda Fermentação - (produção do espumante)	Adição do licor de tiragem (sacarose, leveduras, nutrientes e clarificante) ao vinho base.
	Fermentação em tanques de alta pressão (formação de espuma)
	Adição de licor de expedição
	Filtração
	Envase
	Rolhamento, engaiolamento e embalagem final

Fonte: Autoria própria (2025)

As etapas do método *charmat* citadas na Tabela 2 são caracterizadas por:

I- Primeira Fermentação (produção do vinho base)

A primeira fermentação é realizada de forma similar que no método clássico, porém utilizam-se uvas com menor qualidade (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

II- Segunda Fermentação (produção do vinho base)

O licor de tiragem é adicionado no tanque já contendo o vinho base e, por meio do agitador, a mistura é homogeneizada, para uma boa formação de espuma. Muitos empreendimentos optam por adicionar ativador de fermentação tal como açúcar, sulfato, fosfato de potássio, cloreto de magnésio, ácido cítrico, citrato de sódio, biotina, piridoxina, mio-inositol, pantotenato de cálcio, tiamina ou peptona. Também pode incluir energizadores, os quais fornecem as vitaminas e os compostos que favorecem o crescimento das leveduras e aceleram a fermentação, ocorrendo a partir daí a segunda fermentação (Mcconnell, Schramm, 1995; Navrátil *et al.*, 2001; Giovaninni, Manfroi, 2009; Pereira *et al.*, 2009; Mendes-Ferreira *et al.*, 2010). A segunda fermentação é realizada em tanques de grandes volumes adaptados com agitadores que promovem a suspensão das leveduras para auxiliarem na sua autólise.

Nesse método o tempo de contato das leveduras com vinho base geralmente é menor, mantendo a temperatura mais baixa durante a formação de espuma que favorece a elaboração de um espumante jovem e frutado com características varietais. O tempo da etapa varia de 20 a 30 dias e, ao final desse período, o espumante está pronto para a etapa de filtração e outros procedimentos finais que contribuem para obter um produto com melhores características organolépticas de sabor, aroma e menor turbidez (Jackson, 2008).

Nos últimos tempos tem-se adotado o método chamado *charmat* longo, que consiste em deixar o espumante em contato com as leveduras por mais tempo, aumentando sua complexidade sensorial. Essa prática objetiva produzir uma bebida com características próximas à elaborada pelo método tradicional e o tempo em que o espumante repousa sobre as borras no tanque de fermentação varia de dois a dez meses, em função do perfil sensorial desejado do produto (Giovaninni; Manfroi, 2009). O licor de expedição é adicionado para classificação do produto segundo o teor de açúcar, é inserido no tanque onde ocorre a mistura. Posteriormente realizam-se a filtração e o engarrafamento do espumante em ambiente isobárico.

4. Inovações tecnológicas na produção de espumantes

O progresso tecnológico e a expansão territorial da atividade vitivinícola no segmento dos vinhos finos tranquilos e espumantes permitiram o aumento do leque de possibilidades para o desenvolvimento de novas tecnologias visando obter diferentes tipos e estilos de produtos. Nesse contexto, a produção e o consumo de vinhos espumantes têm crescido ininterruptamente há vários anos (Guerra *et al.*, 2019). De acordo com Perpetuini e Tofalo (2023), nas últimas décadas, o mercado internacional de vinhos mudou drasticamente e a produção de espumantes está em ascensão. O mercado de vinhos de frutas está atualmente se diversificando por meio do desenvolvimento de fórmulas inovadoras, tecnologias e matérias-primas alternativas, e a tendência geral é a diversificação dos vinhos espumantes.

O vinho espumante é produzido globalmente e incorpora processos de produção distintos, que delineiam as principais categorias de vinhos espumantes (Culbert *et al.*, 2017). Como exposto anteriormente, os vinhos espumantes compreendem um amplo tipo de vinhos, segundo as variedades de uva empregadas, regiões onde são produzidos, e sistemas utilizados em sua elaboração, fatores que incidem nas diferenças entre as bebidas (Togores, 2011).

De acordo com Cunha *et al.* (2015) o espumante rosé obtido a partir de uvas Pinot Noir, Malbec, Merlot, entre outras está recebendo boa aceitação do consumidor global, sendo atraente pelos atributos organolépticos tais como coloração com tons rosados, aromas frutados e frescor em boca. O vinho apresenta um grande valor cultural além de valorizar a origem geográfica do mesmo. A criação da bebida a partir de frutas típicas de uma determinada região pode acentuar ainda mais a valorização cultural e regional trazida pela bebida (Trecenti, 2016).

Bebidas com menor teor de álcool, aromaticamente agradáveis e naturalmente enriquecidas com compostos bioativos vêm se destacando e sendo cada vez mais procuradas (Liguori *et al.*, 2018). As frutas nativas, bem como os seus respectivos produtos são fonte de compostos bioativos, como os compostos fenólicos e os carotenóides. Estes compostos possuem atividade antioxidante e são pigmentos que incidem sobre a cor da bebida. Além disso, alguns carotenóides como o betacaroteno são precursores da vitamina A essencial para a visão e o sistema imunológico (Zeraik *et al.*, 2016). Segundo Sousa *et al.* (2007), a atividade antioxidante de compostos fenólicos deve-se principalmente às suas propriedades redutoras e estrutura química, que os torna importantes na neutralização ou sequestro de radicais livres e quelação de metais de

transição. Ainda, agem tanto na etapa de iniciação quanto na propagação do processo oxidativo.

Para a elaboração de espumantes é desejável que o mosto apresente uma combinação de alta acidez com altos teores de compostos fenólicos e de açúcares, além de aroma altamente frutado (Rizzon; Meneguzzo; Gasparin, 2005). O consumo de frutas tropicais, nativas e exóticas vem aumentando nos últimos anos devido ao rico valor nutricional e serem fontes de compostos bioativos (Zeraik *et al.*, 2016). Diversos estudos sobre a produção de bebidas fermentadas tipo espumante com frutas nativas como caju (Abreu, 2006), goiaba (Bertagnolli *et al.*, 2017), butiá (Trecentini, 2016), maçã (Carvalho, 2009), umbu (Silveira, 2023) e até mesmo mel (Pimentel, 2016) foram constatados na literatura científica. As principais motivações para a produção de bebidas fermentadas com frutas é que são matérias-primas perecíveis por serem suscetíveis à contaminação bacteriana e fúngica tendo como resultado uma alta taxa de desperdício, o que exige inovações no processamento pós-colheita. Além disso, outro motivo citado é o aumento da demanda por produtos ricos em compostos fenólicos (Silveira, 2023).

Inovações no processo produtivo vem da variabilidade na elaboração de vinho espumante pelo método Charmat: “Charmat Curto”, designando procedimentos padronizados neste tipo de vinificação e “Charmat Longo”, onde após a tomada de espuma o líquido permanece um maior tempo em contato com as leveduras. De acordo com Manfroí (2019), a opção entre “Charmat Curto” e “Charmat Longo” está diretamente relacionada com o perfil sensorial buscado pelo enólogo e com o custo final do produto. O método “Charmat Curto” pode resultar em espumantes com aromas frutados e características jovens e seu tempo de elaboração é mais curto, pois após a segunda fermentação, o vinho está praticamente pronto para ser encaminhado às operações finais. Enquanto o “Charmat Longo” pode produzir espumantes com características semelhantes a um espumante “Champenoise”.

De acordo com Cunha *et al.* (2015) outra metodologia que vem sendo utilizada é a “espumantização direta”, onde não há a elaboração de um vinho-base e posterior tomada de espuma (duas fermentações), e sim uma única fermentação, proveniente dos açúcares da própria uva, conservando o gás carbônico desta fermentação até o engarrafamento. O procedimento propicia ao espumante, características mais jovens e notas frutadas, podendo preservar aromas vindos da própria uva. O grande desafio na “espumantização direta” é conseguir atingir a pressão mínima de quatro atmosferas a 20 °C, como

estabelece o Decreto nº 10.970, de 12 de novembro de 2004 (Kunz *et al.*, 2010), e manter o gás carbônico até o momento do envase.

A fermentação alcoólica para a vinificação é geralmente realizada pela inoculação do suco da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, a levedura mais amplamente utilizada, frequentemente chamada de levedura enológica "convencional" (Masneuf-Pomarede *et al.*, 2016). Ao longo da última década, leveduras "não convencionais", incluindo *Torulaspora delbrueckii*, *Pichia kluyveri*, *Lachancea thermotolerans* e *Candida/Metschnikowia pulcherrima*, têm sido cada vez mais empregadas na fermentação de vinhos tranquilos, juntamente com *S. cerevisiae*, e contribuem com metabólitos únicos para o perfil de sabor do vinho, tornando-se populares (Jolly *et al.*, 2014). As principais propriedades enológicas das leveduras não *Saccharomyces* foram revisadas, bem como os problemas tecnológicos e de segurança que essas leveduras podem resolver, como acidez volátil, redução de álcool, alto teor de glicerol, aromas varietais aprimorados e redução de contaminantes (Petruzzi *et al.*, 2017).

O interesse por leveduras não-*Saccharomyces* para uso na produção de vinhos espumantes tem aumentado nos últimos anos. Estudos relataram diferenças em aminoácidos e amônia, compostos voláteis de aroma (COVs), glicerol, ácidos orgânicos, proteínas e polissacarídeos (Ivit, Kemp, 2018). A finalidade atual do uso de leveduras não-*Saccharomyces* na vinificação varia. É possível usar leveduras não-*Saccharomyces* como única levedura, embora a maioria dos estudos demonstrem que a inoculação sequencial ou a coinoculação com culturas starter mistas de uma levedura não-*Saccharomyces* com uma levedura *S. cerevisiae* são preferíveis (Benito *et al.*, 2015).

Diversas marcas comerciais de leveduras secas ativas estão disponíveis ao enólogo. A definição da cepa de levedura a adicionar na tomada de espuma (segunda fermentação) é de grande importância. É tarefa do enólogo escolher a levedura mais adequada para uma fermentação segura e que atenda a tipicidade e qualidade desejada ao seu produto final (Spadari, 2013). A seleção da cepa de levedura para fermentação primária e secundária é um fator crítico na determinação da composição de aminoácidos livres e totais no vinho, afetando diretamente na reação de Maillard durante o envelhecimento prolongado (Chaddock *et al.*, 2022).

Segundo Zambonelli (2003), a variedade da levedura responsável pela refermentação tem influência marcante na qualidade dos vinhos espumantes uma vez que na segunda fermentação as condições impostas aos microrganismos em recipientes fechados que não possibilitam a dispersão de alguns compostos voláteis são

particularmente estressantes. Diferenças entre vinhos obtidos a partir de um mesmo mosto, fermentados por duas leveduras distintas, em condições idênticas, devem ser atribuídas aos metabólitos secundários como os álcoois superiores e ésteres, formados durante a fermentação. As leveduras mais alcoogênicas, principalmente da espécie *S. cerevisiae*, produzem os teores mais elevados desses metabólitos (Spadari, 2013). Porém, as concentrações relativas dos diferentes componentes são variáveis em função das linhagens que podem, assim, imprimir um caráter particular ao aroma de diferentes vinhos e espumantes (Silva, Silva, 1987).

O efeito das leveduras enológicas comerciais *Saccharomyces cerevisiae* (Zymaflore VL3®, Zymaflore X5®, Zymaflore X16®), e *Saccharomyces cerevisiae* rf. *bayanus* (Blastosel Delta®, Maurivin PDM®, Zymaflore Spark®, La Claire SP665®, Lalvin EC1118®) na segunda fermentação sobre as características físico-químicas, organolépticas e composição aromática do vinho base e de espumantes pelo método tradicional foi verificado por Spadari (2013). Os resultados mostraram que a formação de espuma oriunda da segunda fermentação foi independente da levedura apresentando teor alcoólico médio de 12,01% v/v e açúcar residual de 1,78 g/L. Os espumantes obtidos com a levedura X5 apresentaram as maiores concentrações de butanoato de etila, acetato de isoamila, hexanoato de etila, acetato de isoamila e hexanoato de etila, compostos responsáveis pelos aromas frutados (pêra, banana, maçã). E, os espumantes obtidos com a levedura SP665 exibiram as melhores características considerando os três parâmetros relacionados à espuma, além de intensidade e fineza de aromas e características gustativas favoráveis. Quanto à qualidade global dos espumantes, destacaram-se com as maiores notas as leveduras SP665, X5 e X16.

Martínez-Rodríguez *et al.* (2002) estudaram o efeito das cepas de levedura *S. cerevisiae* var. *bayanus* EC-1118 (Lallemand) e duas cepas de *S. cerevisiae*, IFI-473 e IFI-475 (Instituto de Fermentaciones Industriales), no conteúdo de aminoácidos, peptídeos e proteínas durante a produção de vinho espumante. Os autores relataram que a concentração de aminoácidos foi impactada pela cepa de levedura usada na segunda fermentação, bem como pela duração do envelhecimento sobre as borras. As cepas de levedura foram adicionadas com tiragem a uma variedade não especificada de vinho base e envelhecidas por intervalos de 20, 40, 90, 180, 270 e 365 dias, durante os quais a concentração de aminoácidos livres diminuiu em todos os vinhos, devido à assimilação por leveduras viáveis.

Martinez *et al.* (2022) estudaram a hibridização de esporos e células vegetativas de leveduras não convencionais, cepa *killer T. delbrueckii*, com uma cepa *S. cerevisiae*, a fim de garantir a transferência de informação genética de *S. cerevisiae* para *T. delbrueckii*. Os híbridos obtidos apresentaram cinética de fermentação, sobrevivência celular e qualidade da espuma melhoradas. Os clones da mistura de leveduras são estáveis o suficiente para serem comercializados para a produção industrial de vinhos espumantes. A exploração da biodiversidade microbiana pode melhorar o processo de fermentação de vinhos espumantes e tranquilos. No entanto, pesquisas adicionais ainda são necessárias para explorar o enorme potencial associado à biodiversidade microbiana natural (Perpetuini, Tofalo, 2023). Segundas fermentações ou cofermentações com leveduras não *Saccharomyces* podem ser uma área importante de pesquisa futura devido às maiores concentrações de aminoácidos e aminas biogênicas disponíveis para a reação de Maillard (Chardock *et al.*, 2022).

A imobilização de biocatalisadores numa matriz polimérica ou por adesão a uma superfície de imobilização apresenta diversas vantagens em processos industriais por possibilitar a otimização dos processos, a reutilização da biomassa sem perda de atividade microbiana, o aumento da produtividade das fermentações em reatores de elevada densidade celular, maior adaptação a processos contínuos e tolerância à substâncias inibidoras e condições adversas de pH (Martynenko, Gracheva, 2003; Divies, Cachon, 2005; Pimentel, 2016).

As vantagens desta tecnologia no processamento de espumantes são claramente evidentes no uso do método tradicional, onde a simples separação das leveduras do produto final permite eliminar praticamente o tempo necessário da fase de remuage, etapa que tem duração de aproximadamente 4 a 6 semanas. Quando uma garrafa contendo fermento imobilizado é invertida, as esferas se acomodam rapidamente no gargalo da garrafa e podem ser facilmente removidas, o que simplifica muito o processo de degorgement, reduzindo os custos de mão-de-obra e os associados ao produto final (Santos, 2012). Além disso, o uso de leveduras encapsuladas elimina a necessidade de preparação do fundo do tanque, facilitando a aplicação e também reduzindo os riscos de contaminação microbiológica, oxidação e perda de aromas (Kammer *et al.*, 2024). O emprego de leveduras imobilizadas é uma estratégia atrativa para reduzir o tempo e o custo de fabricação de vinhos espumantes, pois podem ser removidas em poucos segundos, em vez do demorado processo tradicional (Alexandre, Guilloux-Benatier, 2006).

Poucos estudos apontam o uso da imobilização celular na segunda fermentação para a obtenção dos espumantes com maior controle das condições operacionais no processamento (De Lerma *et al.*, 2018; Puig-Pujol *et al.*, 2013).

De Lerma *et al.* (2018) relataram em seu estudo os vinhos espumantes obtidos com duas cepas de levedura *S. cerevisiae* inoculadas com células livres, imobilizadas em leito de alginato e bioimobilizadas como biocápsulas e envelhecidas por 32 meses. Esses autores verificaram que a qualidade do aroma dos vinhos espumantes poderia ser melhorada usando leveduras imobilizadas. Puig-Pujol *et al.* (2013) estudaram a eficiência e eficácia de um novo método de imobilização de leveduras para produzir vinhos espumantes em um sistema orgânico de aprisionamento de células, denominado biocápsulas, o que foi realizado pela coimobilização natural e espontânea de uma cepa de *Saccharomyces cerevisiae* e um fungo filamentoso (*Penicillium chrysogenum*). Os resultados sugeriram que, comparando ambos os sistemas de imobilização, a cepa bioimobilizada P29 produziu vinhos com maior concentração de compostos aromáticos do que a P29 usada em alginato. O oposto é verdadeiro quando a cepa QA23. Este fato foi estabelecido pela pegada dos vinhos Cava. Ambos os sistemas de imobilização produzem vinhos com os maiores valores na série aromática, portanto é de se esperar que esses vinhos tenham um aroma mais complexo.

A imobilização de leveduras em alginato de cálcio é a técnica mais estudada e aplicada, por ser simples, segura e não comprometer a viabilidade dos microrganismos (Nussinovitch, 2010). Seu uso apresenta vantagens técnicas e econômicas em comparação ao sistema convencional de células livres (Kourkoutas, Manojlović, Nedović, 2010). Além disso, as esferas de alginato de sódio são facilmente preparadas e permitem a incorporação da levedura em condições amenas, o que diminui a morte celular (Martynenko, Gracheva, 2003). Além disso, o alginato de cálcio foi aprovado pela Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV) como agente clarificante na produção de vinho espumante e como matriz para encapsulamento de leveduras e bactérias (Fernandéz-Fernandéz *et al.*, 2022; Código Enológico Internacional, 2013).

Atualmente, está disponível para os produtores de vinho uma levedura comercial imobilizada *Saccharomyces cerevisiae bayanus* (Cremanti®, Erbslöh Cavis, Mainz, Alemanha), desenvolvida para a segunda fermentação de vinho espumante fermentado em garrafa. Nessa preparação comercial, as leveduras são imobilizadas em esferas duplas de alginato de cálcio para evitar a liberação de células das esferas para o vinho, evitando assim a turbidez (Fernandéz-Fernandéz *et al.*, 2022).

5. Conclusões

Os espumantes no Brasil são produzidos principalmente utilizando os métodos *champenoise*, *charmat* e *asti* ou moscatel. Na produção pelo método *champenoise* (tradicional) geralmente são obtidos espumantes com melhores características sensoriais quando comparados ao método *charmat* e *asti*. O Brasil tem apresentado ao mercado consumidor nacional e internacional excelentes espumantes, sendo um dos setores mais promissores da vitivinicultura nacional, o aumento do consumo demonstra a aceitação dos espumantes por parte dos consumidores. Pesquisas têm objetivado modificações dos métodos de elaboração de espumantes, principalmente no método tradicional na segunda fermentação como por exemplo o uso de leveduras imobilizadas. Além disso, a literatura apresenta estudos com diferentes frutas nativas como matérias-primas de alta perecibilidade contribuindo para inovação tecnológica dos métodos de elaboração, como também na diversificação de produtos oriundos de diferentes fontes e no fortalecimento de pequenos produtores.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Código Financeiro – 001. Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBiotec) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

REFERÊNCIAS

ABE - Associação Brasileira de Enologia. A vez dos vinhos brasileiros. Enologia, 2020. Disponível em <https://www.enologia.org.br/noticia/a-vez-dos-vinhos-brasileiros> em jul. 2024.

ABE – Associação Brasileira de Enologia. Concurso do Espumante Brasileiro. 13ª Edição – Espumantes premiados são de seis estados brasileiros. 2023. Disponível em <https://www.enologia.org.br/concurso-do-espumante-brasileiro/> em jul. 2024.

ABE – Associação Brasileira de Enologia. Regiões Vitivinícolas Brasileiras. Disponível em <https://www.enologia.org.br/curiosidade/regioes-vitivincolas-brasileiras> em ago. 2024.

ABREU, Fernando Antônio Pinto de. Espumante de Caju. Embrapa Agroindústria Tropical. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 41 p. 2006. ISBN: 85-7383-363-7 Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/120201>

APEXBRASIL. Espumantes são carro-chefe do Brasil e vinhos finos conquistam cada vez mais premiações internacionais. 2023. Disponível em <https://apexbrasil.com.br/br/pt/conteudo/noticias/vinhos-espumantes-batem-recorde-exportacoes.html> em jul. 2024.

Alexandre, H.; Guilloux-Benatier, M. Yeast autolysis in sparkling wine—A review. *Aust. J. Grape Wine Res.* 2006, 12, 119–127.

AZEVEDO, Gabriel. Acordo quer promover vinhos e espumantes brasileiros no exterior. **Canal Rural**. Nov. 2023. Disponível em <https://www.canalrural.com.br/nacional/rio-grande-do-sul/acordo-quer-promover-vinhos-e-espumantes-brasileiros-no-exterior/> em ago. 2024.

BENITO, S.; HOFMANN, T.; LAIER, M.; LOCHBÜHLER, B.; SCHÜTTLER, A.; EBERT, K.; FRITSCH, S.; RÖCKER, J.; RAUHUT, D. Effect on quality and composition of Riesling wines fermented by sequential inoculation with non-Saccharomyces and Saccharomyces cerevisiae. *Eur. Food Res. Technol.* 2015, 241, 707–717

BONINO, M. et al. Characterization of Muscat wines aroma evolution using comprehensive gas chromatography followed by a post-analytic approach to 2D contour plots comparison. **Food Chemistry**, v.140(1-2), p.57–67, 2013.

BRASIL. Lei n. 10.970, de 12 de novembro de 2004. Altera dispositivos da Lei no 7.678, de 08 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 nov. 2004.;

BUXADERAS, S.; LÓPEZ-TAMAMES, E. Sparkling wines: features and trends from tradition. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.66, p.1–45, 2012

CAVALCANTE, Marcos do Couto Bezerra. HOLANDA, Claudia Maria de. Evolução do vinho espumante da serra gaúcha. DOI: 10.29182/hehe.v15i2.228. **História econômica & história de empresas XV.2** (2012). Abr. 2013.

CARVALHO, Catherine Valente de. **Espumantes de maçã obtidos pelos processos ASTI, Charmat e Champenoise**. 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, Ponta Grossa, 2009.

CHEMOLLI, M.; Bona, E.; Tonon, C.; Malossini, U.; Bottura, M. La Tutela della vitivinicoltura in Trentino. **Trento: Grafiche Futura**, p.294, 2011.

CUNHA, W. M.; GABBARDO, E. T.; TIBURSKI, S.; GABBARDO, M. Perspectivas de diversificação do espumante brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 21, n. 1/2, p. 23-28, 31 dez. 2015.

EMBRAPA. **Comunicado técnico 226 – Vitinicultura brasileira: panorama 2021**. Bento Gonçalves, RS. Dez. 2022. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1149674/1/Com-Tec-226.pdf> em ago. 2024.

EMBRAPA. **Exportação de espumantes brasileiros ultrapassa 930 mil litros em 2021**. Fev. 2022. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/68396017/exportacao-de-espumantes-brasileiros-ultrapassa-930-mil-litros-em-2021> em ago. 2024.

FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, E.; RODRÍGUEZ-NOGALES, J.M.; VILA-CRESPO, J.; FALQUÉ-LÓPEZ, E. Application of Immobilized Yeasts for Improved Production of Sparkling Wines. **Fermentation** 2022, 8, 559. <https://doi.org/10.3390/fermentation8100559>

FOGAÇA, A; DAUDT, C; DORNELES, F. Potássio em uvas. II – análise peciolar e sua correlação com a quantidade de potássio em uvas viníferas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.3, p.597- 601, 2007.

FLANZY, C. Enologia: Fundamentos científicos y tecnológicos. **Aromas Em Amv & Mundi-Prensa**, Madri, Espanha, p. 137-168, 2003.

FLANZY, C. Enología: fundamentos científicos y tecnológicos. **Madri: Mundiprensa**, Madrid, 2002.

GIOVANINNI, Eduardo; MANFROI, Vitor. **Viticultura e Enologia**: elaboração de grandes vinhos nosterroirs brasileiros. Bento Gonçalves: IFRS, 2009.

IDEAL CONSULTING. *Mercado brasileiro de vinhos e espumantes cresce 5,21% em 2022, mesmo diante da queda global*. Disponível em: <https://www.investe.sp.gov.br/noticia/brasil-cresce-em-28-9-na-exportacao-de-cerveja-cachaca-e-vinho/>. Acesso em: 3 set. 2025.

International Oenological Codex. Chapter I. Products Used in Oenology; (Oeno 33/2000, Oeno 410/2010);

Ivit, N.N.; Kemp, B. The Impact of Non-*Saccharomyces* Yeast on Traditional Method Sparkling Wine. **Fermentation** 2018, 4, 73. <https://doi.org/10.3390/fermentation4030073>

JACKSON, Ronald S. **“Wine Science Principles and Applications”** San Diego, California: Academic Press (2008).

KAMMER, Daphne Dickmann Cunha; ECKHARDT, Daniel Pazzini; JACOBS, Suziane Antes. **Revista observatorio de la economia latinoamericana**, Curitiba, v.22, n.4, p. 01-17. 2024.

KLADSTRUP, Don; KLADSTRUP, Petie. **Champanhe: como o mais sofisticado dos vinhos venceu a guerra e os tempos difíceis**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora, 2006.

KUNZ, J. C.; RÉVILLION, J. P.; NETO, E. K.; ZANUS, M. C.; MANFROI, V. Caracterização físico-química de mostos e vinhos base para a elaboração de Espumantes. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n. 2, p. 75-82, 2010.

LIGUORI, Loredana et al. Production of Low-Alcohol Beverages: Current Status and Perspectives. [S. l.]: **Elsevier Inc.**, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811447-6.00012-6>

LIMA, M. C. R., BORBA, M. DA C., RAMOS, J. E. S., DE ARAÚJO, M. A., DE MOURA, M. G. D., & REVILLION, J. P. P. (2023). Revisão sistemática acerca do consumo de vinho durante a pandemia da Covid-19. **Revista de Gestão e Secretariado**, 14(6), 9922-9949. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i6.2349>.

MANFROI, V. Elaboração de espumantes. In: GIOVANNINI, E. MANFROI, V. Viticultura e enologia: Elaboração dos grandes vinhos nos terroirs brasileiros. Bento Gonçalves: IFRS, 2009. p. 307-321.

Martínez A, Zamora E, Álvarez ML, Bautista-Gallego J and Ramírez M (2022) Genetic improvement of non-conventional *Torulaspora delbrueckii* for traditional sparkling winemaking by mixing for eventual hybridization with *Saccharomyces cerevisiae*. **Front. Microbiol.** 13:1006978. doi: 10.3389/fmicb.2022.1006978

MARTINS, Raphael. **Vinhos: porque o mercado aposta em espumantes e brancos para reverter consumo em queda**. **G1 Economia**, 2009. Disponível em <https://g1.globo.com/economia/noticia/2023/10/29/vinhos-por-que-o-mercado-aposta-em-espumantes-e-brancos-para-reverter-consumo-em-queda.ghtml> em jul. 2024.

MARTYNENKO, N.; GRACHEVA, I. Physiological and biochemical characteristics of immobilized champagne yeasts and their participation in champagnizing processes: A review. **Appl. Biochem. Microbiol.** 2003, 39, 439–445. [CrossRef]

MASNEUF-POMAREDE, I.; BELY, M.; MARULLO, P.; ALBERTIN, W. The genetics of non-conventional wine yeasts: Current knowledge and future challenges. **Front. Microbiol.** 2016, 6, 1563.

MCCONNELL, D. S.; SCHRAMM, K. D. **Mead success: Ingredients, processes and techniques**. Zymurgy, v. 4, p.33–39, 1995.

MELLO, Loiva Maria Ribeiro de. Mercado Brasileiro de Espumantes. Embrapa Uva e Vinho Rua Livramento, 515 95.700-000, **XII Congresso Latinoamericano de Viticultura y Enologia**, Bento Gonçalves-RS, 2009.

MENDES-FERREIRA, A.; COSME, F.; BARBOSA, C.; FALCO, V.; INES, A.; MENDES-FAIA, A. Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. **International Journal of Food Microbiology**, v.15, n.144, p193-198, Nov 2010.

MORENO-ARRIBAS, M. Vitória; POLO, M. Carmen (Ed.). **Wine Chemistry and Biochemistry**. Madrid: Springer, 2009. 735 p

MJSP – **Ministério da Justiça e Segurança Pública**. PF combate importação e revenda irregular de vinhos. Dez. 2023. Disponível em <https://www.gov.br/pf/pt-br/assuntos/noticias/2023/12/pf-combate-importacao-e-revenda-irregular-de-vinhos#:~:text=Destaca%2Dse%20que%20a%20importa%C3%A7%C3%A3o,sa%C3%BAde%20de%20quem%20os%20consome> em ago. 2024.

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.

OIV -Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (OIV) **Focus The Global Sparkling Wine Market**. 2023. Available online: <https://www.oiv.int/public/medias/7291/oivsparkling-focus-2020.pdf> (accessed on 28 May 2025).

PEREIRA, A.P.; DIAS, T.; ANDRADE, J.; RAMALHOSA, E.; ESTEVINHO, L.M. Mead production: Selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. **Food Chemical Toxicology**, v.47, p. 2057–2063, 2009.

PERPETUINI, Giorgia; TOFALO, Rosanna. Editorial: Sparkling wines: current trends and future evolution. **Frontiers in Microbiology**, [s. l.], vol. 14, 2023. Available at: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1199578>

PETERLONGO. Vinícula Peterlongo. 2024. Disponível em <https://loja.peterlongo.com.br/vinicola-peterlongo> em ago. 2024.

PETRUZZI, L.; CAPOZZI, V.; BERBEGAL, C.; CORBO, M.R.; BEVILACQUA, A.; SPANO, G.; SINIGAGLIA, M. Microbial Resources and Enological Significance: Opportunities and Benefits. **Front. Microbiol.** 2017, 8, 995.

PEYNAUD, Emile. **Enología práctica: conocimiento y elaboración del vino**. Madrid: Mundi-Prensa, 1999.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. **Handbook of Enology: the Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments**. 2. ed. Nova Jersey: Wiley & Sons, 2006.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação – SEAPI. *Suco de uva e espumantes registram aumento na safra vitivinícola 2023*. Porto Alegre, 2025. Disponível em: <https://seapi.rs.gov.br/suco-de-uva-e-espumantes-registram-aumento-na-safra-vitivinicola-2023>. Acesso em: 3 set. 2025.

RIZZON, L. A; MENEGUZZO, J.; GASPARIN, A. M. Elaboração do vinho moscatel espumante. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho**, 2005. 42 p.

RIZZON, Luiz Antenor; MENEGUZZO, Júlio; ABARZUA, Carlos. Elaboração de vinho espumante na propriedade vitícola. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho**, 2000.

RIZZON, Luiz Antenor; ZANUZ, Mauro Celso; MANFREDINI, Sadi. Como elaborar vinho de qualidade na pequena propriedade. Bento Gonçalves: **Embrapa**, 1994.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B.

M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v.30, p. 351-355, 2007.

SOUZA, Sérgio Inglez de. Espumante: o prazer é todo seu. São Paulo: Editora Marco Zero, 2005. ISBN 85-279-0384-9.

TRECENTI, Noelly Maria Zimpel. **Produção e avaliação sensorial do vinho e do espumante de butiá (Butiá yatay) obtido pelo processo “champenoise”**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biotecnologia) – Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2016.

TOGORES, J. H. **Tratado de Enología II**. 2 ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2011. 845p

UVIBRA – **União Brasileira de Vitivinicultura. Mercado Interno** – Vinhos finos, espumantes e suco começam 2022 em alta. Disponível em <http://www.uvibra.com.br/noticias/04-04-2022-mercado-interno-vinhos-finos-espumantes-e-suco-comecam-2022-em-alta> em ago. 2024.

ZERAIK, M. L.; Queiroz, E. F.; Marcourt, L.; Ciclet, O.; Castro-Gamboa, I.; Siqueira, D. H. S. Antioxidants, quinone reductase inducers and acetylcholinesterase inhibitors from *Spondias tuberosa* fruits. **Journal of Functional Foods**, [s. l.], vol. 21, p. 396–405, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.12.009>

ZOECKLEIN, B. W. **A Review of Méthod Champenoise Production**. Virginia: Virginia Cooperative Extension, 2002.

CAPÍTULO 4

Materiais e métodos

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

O mel foi doado por um pequeno produtor individual da agricultura familiar Favo de Ouro Ipirá-BA, o grão-de-bico do tipo Kabuli foi comprado no mercado local em Feira de Santana-BA. A levedura *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée, liofilizada, foi adquirida em site especializado de fornecimento de insumos para bebidas fermentadas.

4.2. Preparo do extrato de grão-de-bico

Para obtenção do extrato de grão-de-bico, adicionou-se 150 g de grão-de-bico com água destilada em frasco schott na proporção 150 g.L⁻¹, posteriormente foi aquecida em autoclave a 121 °C, por 30 min. O material autoclavado foi peneirado e a parte aquosa foi armazenada em frascos plásticos estéreis e aquecido em banho-Maria (75°C, 15 min) com o intuito de garantir esterilidade ao produto, devido à possibilidade de contaminação na etapa de peneiramento. Após esse processo os frascos com extrato de grão-de-bico foram armazenados sob congelamento (-18°C) (Araújo *et al.*, 2020).

4.5. Análises físico-químicas das matérias primas

As metodologias para caracterização físico-químicas do mel e do extrato de grão-de-bico utilizados para a produção do hidromel estão relacionadas nos Tabela 1 e 2, respectivamente. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Tabela 1: Análises físico-químicas realizadas no mel.

Análise físico-química	Método de análise	Referência do método utilizado
Acidez total	Titulação simples	Instituto Adolfo Lutz (2008)
pH	pHmetro	Instituto Adolfo Lutz (2008)
Umidade	Correlação entre índice de refração e % umidade	Método refratométrico da AOAC (2000) - método 969.38b
Teor de sólidos solúveis totais	Refratômetro	Instituto Adolfo Lutz (2008)
Cinzas	Incineração em mufla (550°C)	Instituto Adolfo Lutz (2008)
Açúcares redutores	Reação com DNS e leitura em espectrofotômetro (540 nm)	Vasconcelos, Pinto e Aragão (2013)

Açúcares totais	Reação com antrona e ácido sulfúrico e leitura em espectrofotômetro (630 nm)	Trevelyan e Harrison (1952)
------------------------	--	-----------------------------

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 2: Análises físico-químicas realizadas no extrato de grão-de-bico.

Análise físico-química	Método de análise	Referência do método utilizado
Acidez total	Titulação simples	Instituto Adolfo Lutz (2008)
pH	pHmetro	Instituto Adolfo Lutz (2008)
Cinzas	Incinação em mufla (550°C)	Instituto Adolfo Lutz (2008)
Proteínas	Titulação simples	Instituto Adolfo Lutz (2008)
Teor de sólidos solúveis totais	Refratômetro	Instituto Adolfo Lutz (2008)
Teor de nitrogênio total	Titulação simples	Richter (2008), Zoecklein et al. (2001)
Teor de nitrogênio assimilável	Titulação simples	Richter (2008), Zoecklein <i>et al.</i> (2001)

Fonte: Autoria própria (2025).

4.6. Ativação da levedura e construção da curva de crescimento celular de *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée.

A levedura *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée liofilizada da marca Red Star Premier Cuveé, indicada para a produção de vinho foi pesada de acordo com as instruções do fabricante. A propagação foi realizada em frascos Erlenmeyer de 500 mL previamente esterilizados contendo 300 mL do mosto de mel e água estéril na concentração de 30° Brix, com pH 5,0. A solução foi agitada em shaker (Tecnal TE-420) nas condições de 30°C a 150 rpm durante 24 horas. Após 24 horas alíquotas de 5 mL do mosto foram filtradas, em triplicata, em membranas de 0,45mm (Millipore) utilizando bomba à vácuo, as membranas foram incubadas em estufa a 60°C e pesadas até peso constante. Paralelamente, o restante do mosto preparado foi centrifugado a 3500 xg por 15 min, o sobrenadante descartado, todo o volume de leveduras decantado foi ressuspensionado em solução salina (0,9%) até compor um montante de 10 mL. A partir da suspensão de células, foram realizadas diluições nas concentrações de 1:10, 1:25, 1:50, 1:100, 1:200, determinadas por absorbância (DO 600nm) em espectrofotômetro UV/Vis Femto Modelo

600 Plus. A partir do procedimento, foi construída a curva de peso celular versus densidade óptica, conforme metodologia proposta por Martinez e Santos (2012), com adaptações para a cepa de levedura *Saccharomyces bayanus*.

4.7. Avaliação do efeito das concentrações de células e do extrato de grão-de-bico para produção do hidromel base.

Para avaliar o efeito das concentrações de células e do extrato de grão-de-bico na fermentação, foi utilizado um planejamento fatorial 2^2 , com triplicata no ponto central, com variáveis codificadas e variáveis não codificadas, utilizadas em cada experimento segundo a Tabela 3.

Tabela 3: Ensaios do planejamento fatorial 2^2 com valores codificados e reais da concentração de células e do extrato de grão-de-bico para produção do hidromel base por *S. bayanus* Premier Cuvée.

Ensaios	Concentração de células (g/L)	Concentração de extrato de grão-de-bico (g/L)
	$X_1 (x_1)$	$X_2 (x_2)$
1	0,25 (-1)	0 (-1)
2	0,25 (-1)	20 (1)
3	0,75 (1)	0 (-1)
4	0,75 (1)	20 (1)
5	0,50 (0)	10 (0)
6	0,50 (0)	10 (0)
7	0,50 (0)	10 (0)

Fonte: Autoria própria (2025).

Conhecendo as proporções de mel e de água para obter uma solução 20 °Brix, parte da quantidade de água total foi substituída pela concentração dos suplementos extrato de grão-de-bico (0, 10 e 20 g/L) de acordo com a condição do ensaio fermentativo. O pH dos mostos foi ajustado a 5,0 com o uso de carbonato de cálcio ou ácido láctico. As fermentações foram realizadas em frascos Erlenmeyer de 500 mL, contendo 250 mL de mosto com a adição de *Saccharomyces bayanus* (0,25; 0,50 e 0,75g/L) conforme o planejamento fatorial. Os frascos, tampados com rolhas providas de válvulas airlock, foram incubados em câmara de germinação (Thoth equipamentos TH.715) a 30 ° C, por

120 h. A cada 24 h foram realizadas coletas de alíquotas para determinar a concentração celular e teor de sólidos solúveis, que foram congeladas (-18°C) em Eppendorf para realização de análises de açúcares e de etanol.

4.8. Análise estatística

Os experimentos de fermentação foram realizados aleatoriamente para garantir confiabilidade da análise estatística e das triplicatas. O fator de conversão do substrato em etanol ($Y_{p/s}$), produtividade volumétrica (Q_p) e eficiência de fermentação (ϵ_f) foram respostas avaliadas por meio de análise estatística descritiva (média, desvio padrão e variância do coeficiente) e análise de variância (ANOVA). A análise estatística e a superfície de resposta dos resultados no planejamento experimental foram realizadas no programa Statistica 7.0.

Os modelos lineares para cada variável estudada, bem como suas interações, são representados usando uma função polinomial de primeira ordem, mostrada equação 1:

$$y = X_0 + X_1 + X_2 - X_1X_2 \quad (1)$$

Os coeficientes da equação são representados por X_0 (constante), X_1 , X_2 (termos lineares) e X_1X_2 (efeitos das interações entre variáveis).

4.9. Avaliação dos suportes alginato de cálcio e pectina para imobilização da levedura para a segunda fermentação.

Para avaliar o suporte que apresentaria condições favoráveis para aprisionamento da levedura foram testadas duas concentrações de cada suporte, utilizadas em cada experimento segundo a Tabela 4.

Tabela 4: Testes para avaliação de concentração dos suportes alginato e pectina para imobilização de *S. bayanus* Premier Cuvée.

Concentração de Alginato (% m/v)	Concentração de Pectina (% m/v)
5	5
6	6

Fonte: Autoria própria (2025).

A imobilização foi baseada na descrição metodológica de Teixeira (2011). Inicialmente, foram preparados 10 mL de solução de alginato de sódio com concentração indicada na Tabela 2, a solução foi mantida em agitador magnético para a total dissolução dos grânulos. Em paralelo, foram preparados e autoclavados 50 mL de solução de cloreto de cálcio (CaCl_2) a 2% m/v.

Na solução de alginato de sódio, foram adicionadas as *Saccharomyces bayanus* com concentração de acordo a melhor condição resultante do planejamento fatorial, a solução foi agitada para que as leveduras ficassem bem distribuídas, em seguida a solução foi adicionada em uma bureta e gotejada na solução de cloreto de cálcio com vazão de aproximadamente 3 mL/min, agitação manual e altura de gotejamento de aproximadamente 24 cm. As esferas formadas permaneceram por 1 h imersas na solução a temperatura de 4°C e, então, foram lavadas com água destilada esterilizada, estando prontas para uso no processo fermentativo. O mesmo procedimento foi realizado para a pectina.

4.9.1 Produção do fermentado espumante pelo método tradicional

O hidromel base produzido foi transferido para uma garrafa de 750 mL específica para espumante com o cuidado de deixar *headspace*, pois o método tradicional a segunda fermentação é responsável pela gaseificação do produto. As esferas de leveduras imobilizadas conforme o procedimento descrito na seção 4.7 foram adicionadas dentro da garrafa (Figura 1).

Figura 1: Sistema de fermentação para a produção do fermentado espumante pelo método tradicional por *S. bayanus* Premier Cuvée imobilizada em alginato de cálcio.



Fonte: Autoria própria (2025).

Foram realizados dois experimentos um com sistema de rolha e mangueira e outro com rolha e acoplado a ela um manômetro para verificar a produção de gás e armazenada em câmara de germinação (Thoth equipamentos TH.715) a 16 ° C, por 144 h (Figura 1).

4.9.2 Caracterização físico-química do fermentado espumante de hidromel

As análises físico-químicas realizadas no fermentado espumante de hidromel foram: teor volumétrico de etanol e de metanol, determinado por leitura em densímetro de bancada (Rudolph Research Analytical, modelo DDM 2911); teor de acidez total, determinado pelo método descrito por Instituto Adolfo Lutz (2008), para acidez em bebidas alcoólicas utilizou-se titulação simples. A amostra do fermentado espumante de hidromel foi titulada com solução de NaOH 0,1 N. O pH do fermentado espumante de hidromel foi determinado mediante leitura em pHmetro.

CAPÍTULO 5

Resultados e discussão

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização físico-química das matérias-primas

As características físico-químicas do mel e os valores de referência para conformidade do produto estabelecido na legislação, bem como os valores das características reportadas por outros autores, são apresentadas na (Tabela 5).

Tabela 5: Características físico-químicas do mel e valores de referência reportados na literatura.

Propriedades	Média \pm D. P. ^a	Brasil (2000)	Amorim <i>et al.</i> (2018)	Nascimento <i>et al.</i> (2020)	Araújo <i>et al.</i> (2021)
Acidez total (mileq/kg)	(33,81 \pm 0,50)	<50	(24,40)	(33,33)	(35,48)
pH	(3,84 \pm 0,04)	-	(3,42)	(3,51)	(3,40)
Umidade (%m/m)	(15,13 \pm 0,01)	<20	(18,73)	(19,53)	(18,50)
Teor de sólidos solúveis totais (°Brix)	(80,7 \pm 0,07)	-	-	-	(81,70)
Cinzas (% m/m)	(0,32 \pm 0,02)	< 0,6	(0,28)	(0,19)	-
Grupos redutores totais (% m/m)	(65,82 \pm 0,14)	> 65	(22,7)	(74,68)	-
Açúcares totais (% m/m)	(66,43 \pm 0,4)	-	(100,0)	-	-

^a D. P. = Desvio-padrão

Fonte: Autoria própria (2025).

O mel apresentou acidez total (33,81 mileq/kg) superior a 24,40 mileq/kg e semelhante a 33,33 mileq/kg e 35,48 mileq/kg reportados por Amorim *et al.* (2018), Nascimento *et al.* (2020) e Araújo *et al.* (2021), respectivamente e abaixo do limite máximo (50 mileq/kg) estabelecido pela norma Brasil (2000). O valor do pH (3,84) é próximo aos valores relatados na literatura (Tabela 5).

A umidade do mel foi 15,13 % m/m valor inferior 18-19% aos reportados por Amorim *et al.* (2018), Araújo *et al.* (2021) e Nascimento *et al.* (2020), apresentando conformidade com a norma Brasil (2000) que estabelece limite máximo de umidade para mel de 20% m/m. A quantidade de água disponível no mel pode variar de 15% a 21%, com níveis normalmente encontrados em 17% (Mendes; Coelho, 1983). O controle da umidade é um fator importante para a qualidade do mel pois influencia na preservação e também nas alterações causadas por microrganismos.

O teor de sólidos solúveis (80,7 °Brix) foi semelhante a 81,7 °Brix no mel avaliado por Araújo *et al.* (2021). O teor de cinzas (0,32% m/m) é superior a 0,28% m/m e 0,19% m/m apresentados por Amorim *et al.* (2018) e Nascimento *et al.* (2020) respectivamente. Os valores foram inferiores a 0,6% m/m estabelecido pela legislação brasileira (Brasil, 2000).

A concentração de açúcares redutores no mel foi de 65,82% m/m e está em conformidade com a Normativa nº 11 de 20 de outubro de 2000, que estabelece que 65% m/m é o conteúdo mínimo de açúcares redutores no mel. Resultados 3,6 vezes menores de açúcares redutores foram reportados por Amorim *et al.* (2018). Por outro lado, uma maior concentração (74,63% m/m) foi reportada por Nascimento *et al.* (2020). A concentração de açúcares totais foi igual a 66,43% m/m, menor que o valor (100% m/m) verificado por Amorim (2017), essa diferença pode estar associada às diferentes origens dos méis, cumprindo assim os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação.

Os resultados da caracterização físico-química obtidos para o mel Favo Dourado de Ipirá-Ba para o desenvolvimento da pesquisa demonstram que o mel obedece aos padrões de identidade e qualidade estabelecidos pela Instrução Normativa nº 11 de 20 de outubro 2000 emitida pelo Ministério da Agricultura (Brasil, 2000).

As características físico-químicas do extrato de grão-de-bico estão expostas na (Tabela 6).

Tabela 6: Características físico-químicas do extrato de grão-de-bico e os reportados na literatura.

Propriedades	Média ± D. P. ^a	Mayer e Kurtz (2014)	Almeida (2020)
pH	(6,65± 0,04)	(8,59± 0,00)	(6,11 ± 0,10)
Acidez Total (mileq/kg)	(9,65 ± 0,55)	-	-
Cinzas (% m/m)	(0,67± 0,03)	(0,53± 0,11)	(0,54± 0,02)

Teor de sólido solúveis (°Brix)	(3,3± 0,00)	(2,36± 2,95)	-
Proteínas (% m/m)	(0,68± 0,01)	(1,17± 0,01)	(0,73± 0,01)
Teor de nitrogênio assimilável (mg/L)	(45,73 ± 1,32)	-	-

^a D. P. = Desvio-padrão

Fonte: Autoria própria (2025).

O extrato de grão-de-bico apresentou pH 6,65 valor semelhante a 6,11 e inferior a 8,59 reportados por Almeida (2020) e Mayer e Kurtz (2014), respectivamente. A acidez total do extrato foi de 9,75 mileq/kg demonstrando que o extrato não é um produto ácido. O conteúdo de cinzas foi de 0,67% ligeiramente maior que os valores de 0,53% e 0,54% reportados por Mayer e Kurtz (2014) e Almeida (2020), respectivamente. O conteúdo de cinzas do extrato aquoso de grão-de-bico está dentro do limite permitido pela Resolução CNNPA nº 14, de 28 de junho de 1978 (Máx. 0,6%) (Brasil, 1978).

O teor de sólidos solúveis presente no extrato de grão-de-bico (3,3 °Brix) foi superior a 2,36 °Brix reportado por Mayer e Kurtz (2014), essa diferença pode estar relacionada ao tipo de grão como também a metodologia utilizada para a produção do extrato. A concentração de proteínas (0,68%) presente no extrato de grão-de-bico foi semelhante a 0,73% relatado por Almeida (2020) e 41,9% inferior ao relatado por Mayer e Kurtz (2014). Todos os valores de proteínas são inferiores ao valor mínimo (3%) estabelecido para proteínas em extratos aquosos de soja (Brasil, 1978).

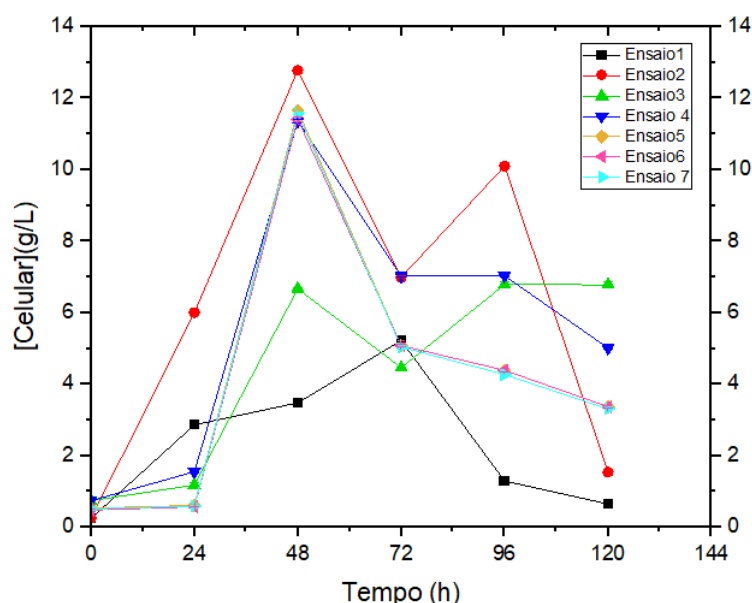
O extrato contém concentrações de nitrogênio total e assimilável iguais a 840 mg/L e 45,73 mg/L, respectivamente. Este macronutriente disponível no extrato tem potencial para promover o enriquecimento do mosto, auxiliando o metabolismo das leveduras, aumentando significativamente a produção de etanol e reduzindo o tempo de fermentação (Mendes-Ferreira *et al.*, 2004).

5.2. Efeito da suplementação dos mostos com extrato de grão-de-bico e diferentes concentrações de células.

Os perfis de crescimento celular nos testes com mosto de mel suplementado com extrato de grão-de-bico (0, 10 e 20 g/L) e concentração inicial de celular (0,25, 0,50 e 0,75 g/L) na produção de hidromel base por *S. bayanus* durante 120 h de fermentação são

apresentados na (Figura 2). O erro está plotado no gráfico, porém por ser pequeno ele não aparece por conta do tamanho do símbolo.

Figura 2: Perfis de crescimento celular suplementados com extrato de grão-de-bico, após 120 h de fermentação por *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée.



Onde: Concentração inicial celular (C.C) e extrato de grão-de-bico (E.G), Ensaio 1- 0,25 g/L C.C e 0 g/L de E.G. Ensaio 2- 0,25 g/L C.C e 20 g/L E.G. Ensaio 3- 0,75 g/L C.C e 0 g/L E.G. Ensaio 4- 0,75 g/L C.C e 20 g/L E.G. Ensaio 5,6 e 7 - 0,50 g/L C.C e 10 g/L E.G

Fonte: A autora (2023).

Verifica-se que o uso de 20 g/L de extrato de grão-de-bico favoreceu o aumento exponencial entre 12,78 g/L e 11,36 g/L da concentração celular após 48 h. A menor concentração celular (3,48 g/L) foi verificada no teste sem adição extrato de grão-de-bico, o que pode ter interferido nas condições favoráveis para crescimento da levedura no meio fermentativo. A fase de crescimento celular (log) máxima nos mostos ocorreu entre 48 h e 72 h de fermentação. Constatou-se um crescimento celular estável entre os tempos de 72 h a 96 h após esse tempo inicia-se a fase de declínio até o final do processo fermentativo (120 h).

O crescimento da *S. bayanus* Premier Cuveé apresentou maiores valores concentrações celulares nos ensaios suplementados com maiores concentrações de extrato de grão-de-bico independentemente da concentração inicial de célula, os resultados estão associados ao extrato que auxiliou positivamente o crescimento celular. O grão-de-bico é uma boa fonte de compostos de nitrogênio, componente essencial para

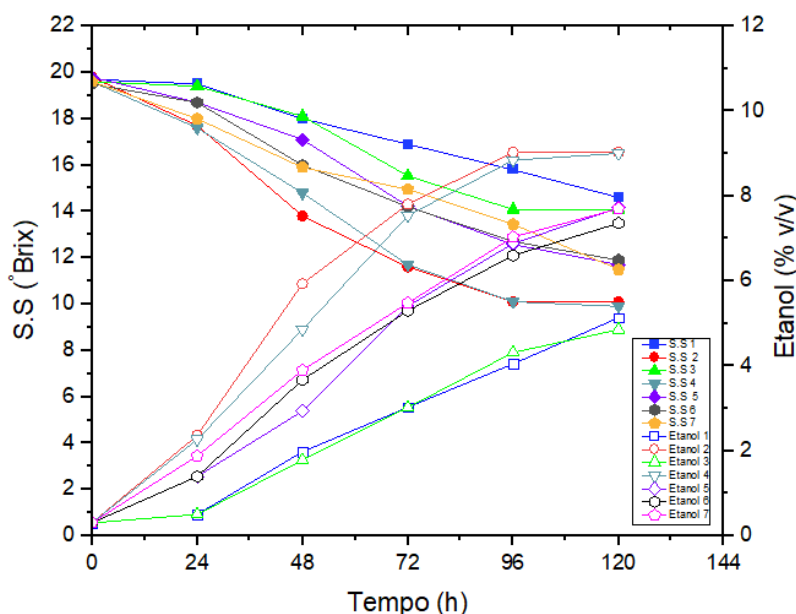
auxiliar o crescimento celular. Cepas de leveduras requerem um mínimo de 267 mg/L de nitrogênio para auxiliarem o processo fermentativo, porém cepas industriais apresentam diferenças nas demandas de nitrogênio durante a fermentação (Pereira *et al.*, 2014).

Comportamento similar foi observado por Araújo *et al.* (2020) durante a utilização de extrato de feijão-caupi (0, 5 e 30 g.L⁻¹) em mostos de mel (30 °Brix). Segundo os autores, o crescimento celular ($11,3 \times 10^7$ células/mL de *S. bayanus* Premier Blanc) foi favorecido pelo uso de maior concentração de extrato de feijão-caupi (30 g.L⁻¹) após 120 h.

5.2.1. Perfis do consumo de teor de sólidos solúveis (S.S) e formação de etanol do hidromel base.

Os perfis de teor de sólidos solúveis (S.S) e produção de etanol (Etanol) em cada ensaio de planejamento fatorial para produção de hidromel por *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée, durante 120 h de fermentação são mostrados na Figura 3.

Figura 3: Perfis de sólidos solúveis (S.S) e produção de etanol (Etanol) durante a fermentação de mostos de mel suplementados com extrato de grão-de-bico, após 120 h de fermentação por *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée na produção do hidromel base.



Onde: Concentração inicial celular (C.C) e extrato de grão-de-bico (E.G), Ensaio 1- 0,25 g/L C.C e 0 g/L de E.G. Ensaio 2- 0,25 g/L C.C e 20 g/L E.G. Ensaio 3- 0,75 g/L C.C e 0 g/L E.G. Ensaio 4- 0,75 g/L C.C e 20 g/L E.G. Ensaio 5,6 e 7 - 0,50 g/L C.C e 10 g/L E.G

Fonte: Autoria própria (2025).

Menor (7,65%) e maior (30,30%) consumos de substrato foram obtidos com mostos inoculados com maior concentração celular sem adição de extrato de grão-de-bico e com menor concentração celular e maior concentração de extrato, respectivamente. O substrato foi utilizado pela levedura na produção de etanol com valores entre 1,98 e 5,93% v/v após 48 h de fermentação, evidenciando que a adição de extrato nos mostos auxilia no consumo de substrato e consequentemente no aumento da produção de etanol independente da concentração inicial de células.

O consumo de substrato começa a se estabilizar após 96 h de fermentação, mantendo o valor com poucas variações, até o último dia (120 h). Os hidroméis apresentaram teor alcoólico superior a 4,86 % v/v (0 g/L de extrato de grão-de-bico), com um máximo de 9,02% v/v (20 g/L de extrato de grão-de-bico) em 120 h de fermentação. A legislação que regulamenta a padronização, classificação e registro de bebidas no Brasil caracteriza o hidromel como uma bebida com teor alcoólico que pode variar de 4% a 14% (v/v) a 20°C (Brasil, 2008). Em outras palavras, a partir de 120 h as bebidas produzidas podem ser classificadas como hidroméis.

Menores valores (14,21 e 14,29%) de consumo de substrato e produção de etanol (5,13 e 4,86%) foram obtidos nos ensaios sem adição de extrato de grão-de-bico independentemente da concentração inicial de células utilizada após 120 h de fermentação (Fig. 3).

Maiores consumos de substrato (41,41% e 40,31%) foram verificados nos ensaios 2 e 4, ou seja, nos mostos suplementados com 20 g/L de extrato de grão-de-bico independentemente da concentração inicial de células utilizada na produção de 7,8 e 7,3% de etanol respectivamente. Nestas condições, o consumo de substrato e o teor de sólidos solúveis começam a se estabilizar após 96 h, após esse tempo os teores de sólidos solúveis permaneceram praticamente constantes até o final do processo de fermentação (120 h), resultando em hidroméis contendo concentrações de etanol de 9,02 e 9,00% (Fig.3).

O uso de concentrações menores de extrato de grão-de-bico (10 g/L) e de 0,50 g/L de células nos ensaios 5, 6 e 7 resultou no consumo intermediário do substrato (27,27 a 28,06%) e formação de etanol (5,30 a 5,48 %v/v), após 72 h de fermentação. Ao final do processo (120 h), foram produzidos hidroméis contendo de 7,36 a 7,72 % v/v de etanol. Constata-se assim que o uso do extrato de grão-de-bico favoreceu o consumo de substrato e produção de etanol.

Pereira *et al.* (2009) relataram valores de concentrações semelhantes de etanol (11,74 e 12,39% v/v) após 288 h de fermentação em mostos de mel suplementados com pólen (0 a 50 g/L) com valores de pH iniciais entre 3,55 e 3,66 e conteúdo inicial de sólidos solúveis entre 20 e 22 °Brix. Valores superiores de concentração de etanol (16,6% v/v) foram relatados por Amorim *et al.* (2018) após 288 h de fermentação de mosto de mel suplementado com 10% de polpa de acerola, peptona e extratos de malte e levedura no mesmo pH (5,0). Araújo *et al.* (2020) relataram valores de concentração de etanol (15,0%; 15,5% e 14,1% v/v) nos hidroméis obtidos da fermentação de mosto de mel suplementado com 30 g/L de extrato de feijão-caupi por *S. cerevisiae*, *S. bayanus* Premier Blanc e Premier Cuvée, respectivamente, após 240 h de fermentação

5.2.2. Análise estatística dos resultados

Foram realizados testes estatísticos em vários tempos de fermentação, porém o tempo de 96 h apresentou maiores coeficientes de correlação (R^2). Os valores de concentração de etanol (E), células (X cel.), produtividade volumétrica (Q_p), fator de conversão de substrato em produto ($Y_{p/s}$) e eficiência da fermentação (ϵ_f) em função das concentrações de extrato de grão-de-bico nos ensaios do planejamento fatorial após 96 h de fermentação por *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée estão apresentados na (Tabela 7).

Tabela 7: Parâmetros de fermentação obtidos após 96 horas de fermentação de mostos de mel suplementados com extrato de grão-de-bico por *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée, no planejamento fatorial 2^2 com ensaios em triplicata no ponto central.

Ensaios	Fatores		Parâmetros Fermentativos				
	C.C (g/L)	E.G (g/L)	E (% v/v)	X cel.(g/L)	Q_p (g/L.h)	$Y_{p/s}$ (g/g)	ϵ_f (%)
1	0,25	0	5,13	1,29	0,329	0,289	56,470
2	0,25	20	9,03	10,10	0,733	0,395	77,277
3	0,75	0	4,86	6,79	0,351	0,408	79,781
4	0,75	20	9,00	7,03	0,718	0,395	77,293
5	0,50	10	7,72	4,39	0,559	0,401	78,4235
6	0,50	10	7,36	4,08	0,536	0,397	77,7629
7	0,50	10	7,70	4,27	0,571	0,393	76,9072

Onde: Concentração celular inicial (C.C), extrato de grão-de-bico (E.G), concentração de etanol (E), concentração de células (X cel.), produtividade volumétrica (Q_p), fator de conversão de substrato em produto ($Y_{p/s}$) e eficiência da fermentação (ϵ_f).

Fonte: Autoria própria (2025).

Os hidroméis apresentaram concentração de etanol de 4,86 até 9,03% v/v, concentração celular entre 1,29 e 10,10 g/L e valores de produtividade volumétrica em etanol entre 0,33 e 0,73 g/L.h, fatores de conversão de substrato em produto entre 0,29 e 0,41 g/g e eficiência de fermentação entre 56,47 e 79,78% nas condições experimentais utilizadas. Os resultados apresentados na Tabela 5 foram analisados estatisticamente para estimar o efeito das variáveis independentes: concentração celular inicial e do extrato de grão-de-bico assim como de suas interações sobre as respostas de interesse. As variáveis independentes tiveram influência significativa sobre a (E) e (Q_p).

A estimativa dos efeitos de erro-padrão, teste t de “Student” para os parâmetros fermentativos concentração de etanol (E) e produtividade volumétrica em etanol (Q_p) são apresentados na Tabela 8.

Os efeitos da concentração celular inicial (C.C) e de extrato de grão-de-bico (E.G), assim como das interações C.C x E.G foram significativos sobre as respostas E e Q_p ao nível de confiança de 95% ($p \leq 0,05$) com valor de coeficiente de correlação (R^2) iguais a 98,9%. O aumento das concentrações de extrato de grão-de-bico (E.G) apresentou influência positiva sobre (E) e Q_p (Tabela 8).

Tabela 8: Estimativa dos efeitos erro-padrão, teste t de Student, por erro residual e intervalo de confiança de 95% para os parâmetros Etanol (E) e Produtividade volumétrica (Q_p) da fermentação com 96 h para produção de hidromel base por *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée, de acordo com o planejamento fatorial 2^2 com triplicata no ponto central.

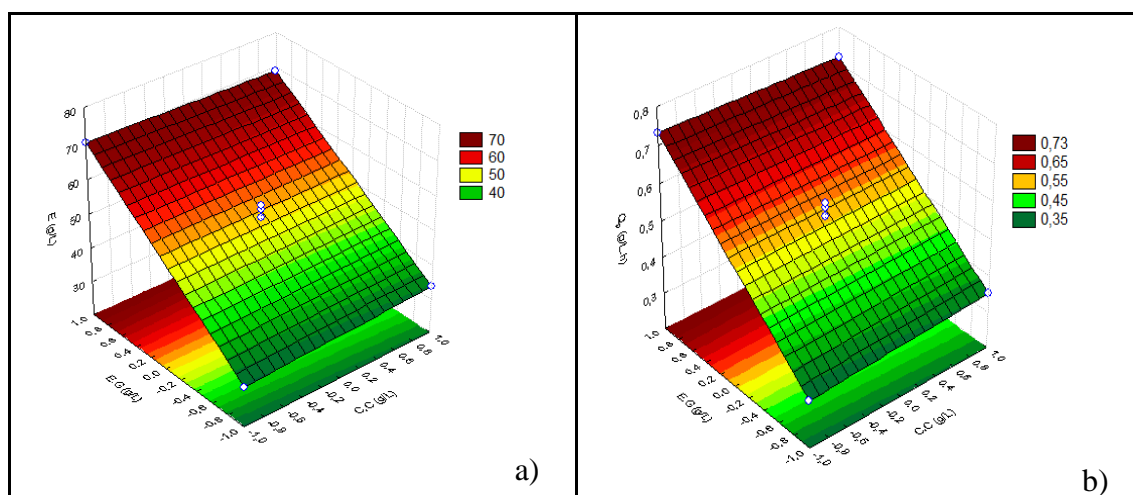
Efeitos	E (g/L)				Q_p (g/L.h)			
	Parâmetros				Parâmetros			
	Estimativa	Erros-padrão	T	P	Estimativa	Erros-padrão	T	P
Média	52,0857	0,8184	63,6456	-	0,5424	0,0084	64,0354	-
C.C	37,0500	2,1652	17,1115	0,0004	0,3855	0,0224	17,2002	0,0004
E.G	0,3300	2,1652	0,1524	0,0544	0,0035	0,0224	0,1562	0,8858
E.G x C.C	-1,7600	2,1652	-08129	0,05445	-0,01850	0,0224	-0,08963	0,05283
R^2	0,989				0,989			

Fonte: Autoria própria (2025).

As superfícies de resposta para E e Q_p são apresentadas na figura 4. Maiores valores de etanol (70 g/L) e Q_p (0,733 g/L.h) são obtidos com o uso de maiores

concentrações de E.G, independentemente da concentração celular inicial. Assim, para redução de custos recomenda-se a menor concentração celular inicial.

Figura 4: Superfície de resposta para a concentração de Etanol (E) (a) e produtividade volumétrica (Q_p) (b), em função da concentração celular (C.C) e concentração de extrato de grão-de-bico (E.G) na produção de hidromel por *Saccharomyces bayanus* Premier Cuvée.



Fonte: Autoria própria (2025).

Os modelos matemáticos que descrevem as respostas produção de etanol (E) e produtividade volumétrica (Q_p) em função das variáveis independentes concentração de células e de extrato, seus coeficientes de regressão ($R^2 = 0,989$) são apresentados pelas equações 1 e 2, respectivamente.

$$y = 52,087 + 37,050X_1 + 0,3300X_2 - 1,7600X_1X_2 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: $y = E$, $X_1 = (C.C)$, $X_2 = (E.G)$

$$y = 0,542 + 0,3855X_1 + 0,035X_2 - 0,0185X_1X_2 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: $y = Q_p$, $X_1 = (C.C)$, $X_2 = (E.G)$

5.3. Produção do hidromel base para a segunda fermentação

Com o resultado da análise estatística foram estabelecidas as condições experimentais (0,25 g/L de células e 20 g/L de extrato de grão-de-bico) que permitem a obtenção de hidromel base com maiores valores de concentração de etanol e de produtividade volumétrica em etanol. Assim, foram produzidos 750 mL de hidromel durante 96 h de fermentação.

Os valores iniciais e finais do teor de sólidos solúveis, concentração celular e concentração de etanol nas escalas de 250 mL e 750 mL são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Produção do hidromel base com volume de 750 mL por *S. bayanus* Premier Cuvée durante 96 h de fermentação.

Propriedade	Ensaio 2 250 mL	Ensaio 2 750 mL
Teor de sólidos solúveis inicial (°Brix)	19,80 ± 0,0	19,50 ± 0,1
Teor de sólidos solúveis final (°Brix)	10,10 ± 0,1	10,52 ± 0,3
Concentração celular inicial (g/L)	0,25 ± 0,0	0,27 ± 0,1
Concentração celular final (g/L)	10,10 ± 0,8	7,05 ± 0,2
Etanol inicial (%v/v)	0,30 ± 0,1	0,30 ± 0,2
Etanol final (%v/v)	9,02 ± 0,0	8,41 ± 0,1

Fonte: Autoria própria (2025).

Verifica-se uma boa reprodutibilidade dos parâmetros fermentativos nas duas escalas, dessa forma é possível dizer que o aumento do volume de produção não altera os resultados esperados.

5.4. Testes para imobilização em alginato de cálcio e pectina

Os resultados dos testes preliminares com diferentes concentrações dos suportes alginato de cálcio e pectina para a imobilização das leveduras utilizados na segunda fermentação para a produção do fermentado espumante são apresentados na (Tabela 10).

Tabela 10: Valores de teor de sólidos solúveis (S.S) iniciais e finais e consumo de substrato (%) utilizando concentrações diferentes de suportes para a segunda fermentação.

Suporte	S.S inicial (°Brix)	S.S final (°Brix)	Consumo de substrato (%)
Alginato de cálcio 5%	10,52 ± 0,3	9,3 ± 0,1	11,6
Alginato de cálcio 6%	10,52 ± 0,3	9,1 ± 0,2	13,5
Pectina 5%	10,52 ± 0,3	10,1 ± 0,1	4,0
Pectina 6%	10,52 ± 0,3	10,0 ± 0,1	4,9

Fonte: Autoria própria (2025).

Os resultados foram comparados para verificação de diferença significativa com teste t Student, com nível de significância ($p < 0,05$) são apresentados na (Tabela 11).

Tabela 11: Comparação do Sólidos Solúveis final (°Brix) entre diferentes suportes utilizando teste t de Student (n=3).

Comparações	p-valor
A.C 5% x A.C 6%	0,2440
A.C 5% e P.5%	0,0002
A.C 5% e P. 6%	0,0001
A.C 6% e P. 5%	0,0016
A.C 6% e P. 6%	0,0026

Onde: Alginato de cálcio (A.C) e Pectina (P).

Fonte: Autoria própria (2025).

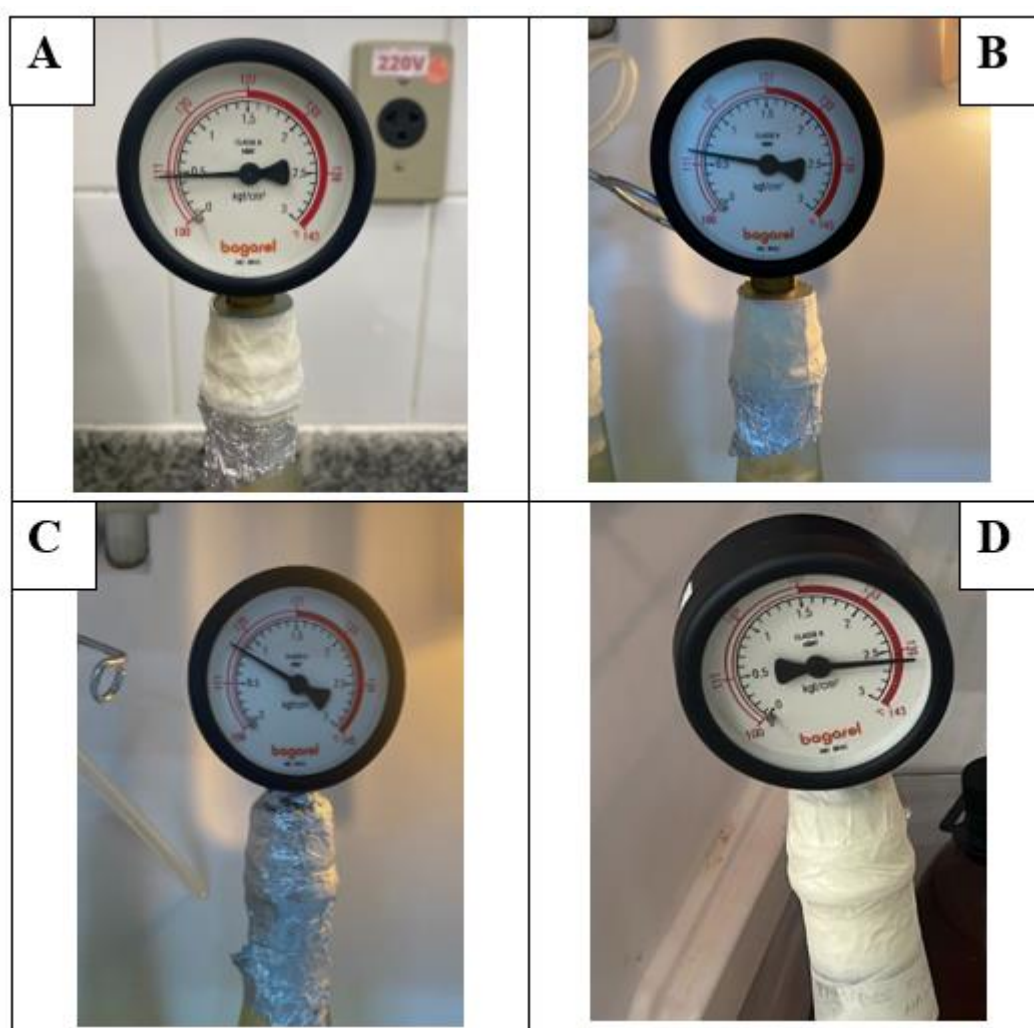
A realização da segunda fermentação na garrafa teve como objetivo promover o consumo de açúcares residuais e a consequente produção de CO₂, responsável pela gaseificação do fermentado espumante. Os resultados apresentados na (Tabela 10) indicaram que o alginato de cálcio foi o suporte mais eficiente no consumo de açúcares (11,6% e 13,5%). Considerando que não foram observadas diferenças significativas no consumo de substrato entre as concentrações avaliadas de alginato de cálcio (Tabela 11), definiu-se a concentração de 5% como a condição mais adequada para a segunda fermentação. Essa escolha fundamenta-se não apenas na equivalência de desempenho em relação ao consumo de açúcares, mas também na possibilidade de redução dos custos operacionais associados ao uso do suporte. Em contraste, os ensaios conduzidos com pectina apresentaram desempenho insatisfatório, caracterizado pelo baixo consumo de

açúcares (4,0% e 4,9%) e pela dificuldade na formação estrutural das esferas, fatores que inviabilizam sua utilização no processo fermentativo.

5.5. Segunda fermentação para produção do fermentado espumante de hidromel

Os registros do aumento de pressão durante o processo da segunda fermentação para a produção do fermentado espumante são apresentados na Figura 5.

Figura 5: Pressão interna na garrafa para a produção do fermentado espumante de hidromel utilizando *S. bayanus* imobilizadas e alginato de cálcio 5% durante 144h.



Onde valores de pressão interna após 48h(A), 72h (B), 96h (C) e 144h (D) de fermentação.

Fonte: Autoria própria (2025).

O acompanhamento da fermentação ocorreu de forma visual e pelo aumento gradual da pressão através do manômetro. Na (Figura 5A) é possível perceber que o

manômetro marca após 48 h de fermentação a pressão de aproximadamente 0,5 kgf/cm², após 72 h a pressão interna foi 0,6 kgf/cm² (Figura 5B), com 96 h a pressão interna foi 0,9 kgf/cm² (Figura 5C), ao final do processo 144 h a pressão interna alcançou 2,6 kgf/cm² aproximadamente (Figura 5D).

Após as 144 h de fermentação uma alíquota do produto foi retirada para análise dos parâmetros apresentados na Tabela 12. As leveduras imobilizadas foram retiradas através da diferença de pressão utilizando uma mangueira e posteriormente a garrafa foi vedada com tampa de aço inox.

Tabela 12: Concentração de etanol do fermentado espumante de hidromel ao final da segunda fermentação 144h.

Parâmetros	Inicial	Final
Sólidos solúveis	10,52 ± 0,3	8,98 ± 0,2
Etanol (%v/v)	8,41 ± 0,1	9,93 ± 0,2

Fonte: Autoria própria (2025).

O fermentado espumante de hidromel contém um teor alcoólico de 9,93% apresentando as características necessárias de acordo com a Lei N° 10.970, de 12 de novembro de 2004 do MAPA. A lei define que espumante tenha teor alcoólico de 10% a 13% em volume, assim o uso de células imobilizadas mostrou-se eficiente na gaseificação e no aumento da concentração de etanol na bebida espumante.

5.6. Caracterização físico-química do fermentado espumante de hidromel

As características físico-químicas do fermentado espumante e os valores de referência para conformidade do produto estabelecido na legislação, bem como de outros autores, são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Características físico-químicas do fermentado espumante de hidromel.

Propriedades	Média ± D. P. ^a	Brasil (1988) Brasil (2018)	Conte <i>et al.</i> (2018)	Bender <i>et al.</i> (2022)
pH	(3,20 ± 0,01)	(3,10-3,40)	(3,40 ± 0,2)	(3,11 ± 0,2)

Acidez volátil (meq.L⁻¹)	(9,00 ± 0,00)	(máx 20)	(11,00 ± 0,03)	(7,40 ± 0,03)
Etanol (%v/v)	(9,93± 0,02)	(10-13)	(8,05± 0,05)	(9,68 ± 0,05)
Metanol (mg/L)	(70,34± 0,00)	(máx 300)	-	-

^a D. P. = Desvio-padrão

Fonte: Autoria própria (2025).

O fermentado espumante de hidromel apresentou pH 3,20 valor próximo a 3,40 e 3,11 reportados por Conte *et al.* (2018) e Bender *et al.* (2022), respectivamente. Os valores de pH estão em conformidade com a legislação para espumantes brasileiros, onde os valores variam de 3,10 a 3,40 (Brasil, 1988).

Níveis elevados pH podem comprometer o espumante com relação às características físico-químicas quanto biológicas, pois torna a bebida mais propensa à oxidação e consequentemente a proliferação microbiana que compromete a qualidade e a vida útil do produto.

A acidez volátil do fermentado espumante foi de 9,00 meq L⁻¹ menor do que 11,00 meq L⁻¹ verificado por Conte *et al.* (2018) e 16,22% superior em relação ao valor de 7,54 meq L⁻¹ reportado por Bender *et al.* (2022). Porém todos dentro do especificado em lei, onde o limite está estipulado em 20 meq L⁻¹. Essa discrepância pode estar associada às matérias-primas para a produção dos espumantes. Conte *et al.* (2018) realizaram a produção de espumante somente por uvas e Bender *et al.* (2022) realizaram a adição de suco de amora preta.

Em vinhos e espumantes, a acidez volátil refere-se à quantidade de ácidos voláteis, principalmente o ácido acético, presente na bebida oriundos da matéria-prima e da fermentação. Esses ácidos são formados por bactérias acéticas, que oxidam o álcool em ácido acético, durante a fermentação ou em más condições de armazenamento das bebidas. Embora uma pequena quantidade seja normal e esperada, teores elevados de acidez volátil podem indicar deterioração do vinho, conferindo-lhe aromas e sabores desagradáveis (Rizzon *et al.*, 1998).

O teor alcoólico dos espumantes brasileiros deve ser compreendido entre os valores de 10 a 13 % v/v (Brasil, 2018). O resultado do fermentado espumante de hidromel foi 9,93 % v/v próximo ao preconizado na lei e superior a 8,05 % v/v e 9,68 % v/v reportados por Conte *et al.* (2018) e Bender *et al.* (2022) respectivamente.

A legislação brasileira apresenta o limite máximo permitido de metanol em espumantes de 300 mg/L, o fermentado espumante de hidromel apresentou valor de 70,34 mg/L inferior ao estabelecido pela lei.

A caracterização físico-química do fermentado espumante de hidromel apresentou conformidade com os parâmetros de identidade e qualidade exigidos pela legislação brasileira.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.M; **Obtenção e caracterização de aquafaba de grão-de-bico (*cicer arietinum* L.): propriedades tecnológicas e biológicas**. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020. 86p.

AMORIM, T. S. **Avaliação da fermentação do mosto de mel suplementado com polpa de acerola por *Saccharomyces cerevisiae***. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2017. 116p.

AMORIM, T. S.; LOPES, S. B.; BISPO, J. A. C.; BONAFE, C. F. S.; CARVALHO, G. B.M.; MARTÍNEZ, E. A. Influence of acerola pulp concentration on mead production by *Saccharomyces cerevisiae* AWRI 796. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, p. 561-569, nov. 2018. Versão impressa e eletrônica.

ARAÚJO, G.S.; GUTIÉRREZ, M. P.; SAMPAIO, K. F.; SOUZA, S. M. A.; RODRIGUES, R. C. L. B.; MARTÍNEZ, E. A. 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**, fev. 2020.

ARAÚJO GS, SAMPAIO KF, BASTOS TS, OLIVEIRA PP, CARVALHO GBM, SOUZA SMA, MARTÍNEZ EA (2021) Biochemical, physicochemical and melissopalynological analyses of two 29 multifloral honey types from Brazil and their influence on mead production: **Journal of Apicultural Research**, 60:5, 784-796, DOI: 10.1080/00218839.2020.1828236

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th. v. II., 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE MEL- ABEMEL. **Apicultura sustentável**, 2015. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Mel_e_produtos_apicolas/36RO/ICA_36RO.pdf> Acesso em: 25 de Janeiro de 2022.

BENDER, A.; SOUZA, A. L. K.; CALIARI V.; SOUZA, E. L. Caracterização físico-química e sensorial de vinhos espumantes elaborados com uvas da espécie *Vitis rotundifolia*. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.16, n. 2, p.3954-3974, 2022.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000**. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=7797>>. Acesso em: 22 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC 12**, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2019.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 12, de 28 de março de 2008**. Regulamento Técnico do Feijão. Brasília, 2008a..Disponível em: < <http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/FeijaoInstrucaoNormativa1208.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2018.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Portaria nº 64, de 23 de abril de 2008**. Regulamento técnico para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas fermentadas: fermentado de fruta, sidra, hidromel, fermentado de cana, fermentado de fruta licoroso, fermentado de fruta composto e saquê. Brasília, 2008b. Disponível em: < [http://www.aladi.org/nsfaladi/normasTecnicas.nsf/09267198f1324b64032574960062343c/ef1ee2d72487688603251247a9f004bbf57/\\$FILE/ATTPLES5.pdf/Portaria%20N%C2%B0%2064-2008.pdf](http://www.aladi.org/nsfaladi/normasTecnicas.nsf/09267198f1324b64032574960062343c/ef1ee2d72487688603251247a9f004bbf57/$FILE/ATTPLES5.pdf/Portaria%20N%C2%B0%2064-2008.pdf)>. Acesso em: 21 agosto 2019.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Portaria nº 94, de 30 de agosto de 2016**. Complementação dos padrões de identidade e qualidade de polpa de fruta. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/acesso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/documentos/01_09-secao-1-portaria-58.pdf>. Acesso em: 20 abril 2019.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Portaria nº 58, de 30 de agosto de 2016**. Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de abacaxi Brasília, 2016. http://www.agricultura.gov.br/acesso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/documentos/01_09-secao-1-portaria-58.pdf. Acessado em 20 janeiro de 2020.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Portaria nº 229, de 25 de outubro de 1988**. Padrão de identidade e qualidade de vinhos e seus derivados. <https://sogi8.sogi.com.br/Manager/texto/arquivo/exibir/arquivo?eyJ0eXAiOiJKV1QiLC>

JhbGciOiJIUzI1NiJ9AFFIjAvMzQxNzQvU0dfUmVxdWlzaXRvX0xlZ2FsX1RleHRvLzAvMC9QT1JUQVJJQSBOwrogMjI5LCBERSAyNS0xMC0gMTk4OC5kb2MvMC8wIgAFFatd74DFpSkMYzeXFsGddv9jYyzgaVk3kxQ4Lqd253TU. Acessado em 09 de julho de 2025

CONTE, P.; SOUZA, E.L.; NOGUEIRA, M.R.C.; SOARES, F. A. S. M. Avaliação físico-química e sensorial de espumante moscatel envasado em lata de alumínio. **Evidência**, v. 18, n. 2, p. 161–176, 2018. DOI: 10.18593/eba.v18i2.19078. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/evidencia/article/view/19078>. Acesso em: 9 jul. 2025.

FERRAZ, F. O. **Estudos dos parâmetros fermentativos, características físico-químicas e sensoriais do hidromel**. Teses de Doutorado, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena- SP, 2015. Versão impressa e eletrônica.

IAL - Instituto Adolfo Lutz (2008) Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Versão eletrônica. São Paulo. <http://www.ial.sp.gov.br>. Acessado em 20 de março de 2019.

MENDES, C. G.; SILVA, J. B. A.; MESQUITA, L. X.; MARACAJÁ, P. B. As análises de mel: Revisão. **Revista Verde**, v.22, p.7–14, 2009.

MENDES-FERREIRA, A.; COSME F.; BARBOSA C.; FALCO, A. I V.; MENDESFAIA, A. Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. **Journal Internacional de Microbiologia de alimentos**, v.144, n. 1, p.193-198, nov. 2010.

NASCIMENTO A. S.; CLARTON L.; MACHADO, C. S.; FERREIRA, A. F.; CARVALHO, C. A. L. Physicochemical Characterization and Determination of Metals in *Apis mellifera* L. Honey Produced in a Region Contaminated By Lead. **Rev. Virtual Quim.**, 2020, 12 (2), 500-515, abril de 2020

KURTZ, Andréia; MAYER, Karla L. **Produção e caracterização do extrato hidrossolúvel de grão de bico adicionado de cacau**. 2014. 48p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Curso Superior de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 2014.

PEREIRA, A. P.; DIAS, T.; ANDRADE, J.; RAMALHOSA, E.; ESTEVINHO, L. M., 2009. Mead production: selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, p. 2057–2063, 2009.

PEREIRA, A. P.; MENDES-FERREIRA, A.; OLIVEIRA, J. M.; ESTEVINHO, L. M.; MENDES-FAIA, A. Mead production: effect on nitrogen supplementation on growth, fermentation profile and aroma formation by yeasts in mead fermentation. **Institute of Brewing e Distilling**, 2014.

RICHTER, W.; JANSEN, C.; VENZKE, T. S. L.; MENDONÇA, C. R. B.; BORGES, C. D. Avaliação da qualidade físico-química do mel produzido na cidade de Pelotas/RS. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara v. 22, n. 4, p. 547-553, out./dez. 2011.

RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MIELE, A. Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 18, v. 2, 1998.

TEIXEIRA, V. F. T. **Estudo da Obtenção de Biocatalisadores com Matrizes de Alginato de Cálcio visando a Produção de Biodiesel**. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal. 88 f. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes - RJ, 2011.

TREVELYAN, W. E.; HARRISON, T. S. Dosagem de glicídios totais pelo método de antrona. **Journal of Biochemistry**: p. 292, 1952.

VASCONCELOS, N. M.; PINTO, G. A. S.; ARAGÃO, F. A. S. Determinação de açúcares redutores pelo ácido 3, 5-dinitrosalicílico: histórico do desenvolvimento do método e estabelecimento de um protocolo para o laboratório de bioprocessos. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2013.

CAPÍTULO 6

Viabilidade econômico-financeira da implantação de uma microindústria
produtora de fermentado espumante de hidromel

VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE UMA MICROINDÚSTRIA PRODUTORA DE FERMENTADO ESPUMANTE DE HIDROMEL

ECONOMIC AND FINANCIAL VIABILITY OF THE IMPLEMENTATION OF A MICROINDUSTRY PRODUCING FERMENTED SPARKLING MEAD

Tamires Bastos de Almeida¹
Sílvia Maria de Almeida de Souza¹
Ernesto Acosta Martínez¹

¹ Universidade Estadual de Feira de Santana – Bahia, Brasil.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica de uma microindústria produtora de fermentado espumante de hidromel suplementado com extrato de grão-de-bico a ser instalada no município de Feira de Santana, BA. Para o desenvolvimento do estudo, realizaram-se pesquisas de levantamento, bibliográfica e experimental, obtendo-se dados importantes para análise e estimativa de custos fixos e variáveis, o investimento inicial e o cálculo de indicadores econômicos como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o período de retorno do investimento (*Payback*). Constatou-se que o investimento inicial necessário para a implantação da microindústria será de R\$320.000,00. A produção mensal estimada foi de 1066 garrafas, com valor de venda de R\$48,00 por unidade de 750 mL, resultando em uma receita bruta anual de até R\$633.006,19. O VPL calculado foi positivo, no valor de R\$10.187,79 e a TIR foi de 22,36%, superior à taxa mínima de atratividade de 15%. O *Payback* simples foi estimado em 4 anos, enquanto o *payback* descontado foi de 3 anos. Conclui-se que a produção do fermentado espumante de hidromel é economicamente viável, representando uma oportunidade promissora para microindústrias que buscam agregar valor e diversificação de produtos oriundos do mel. **Palavras-chave:** Fermentado espumante. Viabilidade econômica. Microindústria. Valor presente líquido.

ABSTRACT

This study aimed to conduct an economic feasibility study of a micro-industry producing fermented sparkling mead supplemented with chickpea extract, to be installed in the city of Feira de Santana, BA. For the development of the study, survey, bibliographic and experimental research were carried out, obtaining important data for the analysis and estimation of fixed and variable costs, the initial investment and the calculation of economic indicators such as the Net Present Value (NPV), the Internal Rate of Return (IRR) and the return on investment period (*Payback*). It was found that the initial investment necessary for the implementation of the micro-industry will be R\$ 320,000.00. The estimated monthly production was 1066 bottles, with a sales value of R\$ 48.00 per 750 mL unit, resulting in an annual gross revenue of up to R\$ 633,006.19. The calculated NPV was positive, at R\$ 10.187,79, and the IRR was 22.36%, higher than the minimum attractive rate of 15%. The simple payback was estimated at 4 years, while the discounted payback was 3 years. It is concluded that the production of fermented sparkling mead is

economically viable, representing a promising opportunity for family farming and micro-industries seeking to add value and diversify products derived from honey.

Keywords: Fermented sparkling wine. Economic viability. Micro-industry. Net present value.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta vasto potencial para a apicultura, pois a vegetação e as condições climáticas são favoráveis para o desenvolvimento das abelhas (Lopes et al., 2022). A apicultura é considerada umas das atividades mais antigas da agricultura, sendo importante para o equilíbrio do ecossistema e manutenção da biodiversidade através da polinização natural das abelhas, além de gerar renda para a agricultura familiar através da produção e diversificação de produtos como: mel, geleia real, própolis, cera pólen e hidromel (Araújo *et al.*, 2020a). Segundo a Pesquisa Pecuária Municipal (PPM, 2023) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção de mel cresceu 2,7% em 2023 no Brasil, alcançando 64,2 milhões de quilos, o valor mais alto já registrado. A região Nordeste é a segunda maior produtora nacional de mel, se destacando com uma participação de 38,61% da produção brasileira de mel (IBGE, 2023). Com mais de 20 mil apicultores, a maioria proveniente da agricultura familiar, a Bahia apresenta uma significativa produção de mel: sendo o 4º estado do Brasil que mais produz. Segundo os dados do (IBGE), em 2020, 2021, 2023 o estado produziu cerca de 5 mil, 4,6 mil e 4,8 mil toneladas, respectivamente.

A produção de derivados do mel, além de viabilizar o aproveitamento de excedentes, possibilita o aumento do lucro gerado pela atividade apícola e a diversificação de produtos no mercado (Araújo *et al.*, 2021).

Bebidas alcoólicas derivadas do mel são uma oportunidade de renda para os apicultores, uma vez que o preço de venda da bebida é superior ao do mel (SEBRAE, 2015). A Lei Nº 10.970, de 12 de novembro de 2004 do MAPA, define que Champanha, Espumante ou Espumante Natural é o vinho cujo anidrido carbônico provém exclusivamente de uma segunda fermentação alcoólica do vinho em garrafas (método Champenoise/tradicional) ou em grandes recipientes (método Chaussepied/Charmad), com uma pressão mínima de 4 atm a 20° C e com teor alcoólico de 10% a 13% em volume. O fermentado espumante de hidromel é o resultado da segunda fermentação do hidromel base similar ao processo do espumante de uva, envolvendo a adição de levedura, sacarose e nutrientes (Pascoal *et al.*, 2017)

O processo produtivo do fermentado espumante de hidromel torna-se dispendioso devido ao tempo prolongado do processo fermentativo acarretado pela alta concentração de açúcares e às baixas concentrações de proteínas e minerais do mel (Ramalhosa *et al.*, 2011; Araújo *et al.*, 2020b). Para solucionar este problema, vários trabalhos têm sido desenvolvidos a fim de otimizar o processo fermentativo, e o uso de suplementos tem sido uma das estratégias utilizadas para reduzir o tempo do processo fermentativo (Balogu; Towobola, 2017; Amorim *et al.*, 2018; Araújo *et al.*, 2020b; Carneiro e Silva *et al.*, 2022; Queiroz *et al.*, 2023).

O estudo de viabilidade econômico-financeira é essencial para avaliar se um projeto vale o investimento, auxiliando na tomada de decisões estratégicas (Gallina *et al.*, 2017; Cavalcante, 2019). A viabilidade econômica de um empreendimento depende de uma série de fatores que envolvem o cálculo dos custos de produção, análise de mercado e projeções financeiras, como o lucro líquido valor presente (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e período de payback (Araújo *et al.*, 2021; Marquezan; Brondani, 2006).

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma microindústria produtora de fermentado espumante de hidromel em que o processo fermentativo é inovador e envolve a utilização de extrato de grão-de-bico e imobilização de levedura em alginato. A análise de viabilidade financeira incluiu o cálculo de indicadores-chave como VPL e TIR, bem como a análise dos custos fixos e variáveis de produção em uma microindústria.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local de instalação, matérias-primas e insumos

O estudo foi conduzido com uma proposta de instalação de uma microindústria de bebidas em Feira de Santana, Bahia, Brasil. Todos os cálculos foram realizados com base nos valores de mercado, a estrutura (galpão industrial), equipamentos, utensílios e matérias-primas disponíveis em Feira de Santana. A estrutura física utilizada incluiu um galpão industrial com setores específicos para produção, rotulagem, armazenamento (matérias-primas e produtos acabados) e controle de qualidade. O estudo buscou atender aos requisitos mínimos do Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre padronização, classificação, registro, fiscalização e fiscalização de bebidas (Brasil, 2009).

As matérias-primas consideradas foram, mel de abelha, água, extrato de grão-de-bico e levedura. O mel utilizado foi obtido em uma Cooperativa em Ribeira do Pombal, Bahia, Brasil, o grão-de-bico foi utilizado na forma de extrato foi obtido no mercado local da cidade de Feira de Santana, Bahia, Brasil. A levedura *Saccharomyces bayanus* Premier Cuveé (marca Red Star) assim como os reagentes utilizados em todo o processo foram adquiridos no mercado virtual. As quantidades e os custos dos insumos foram registrados para cálculo de custo total de produção. Para o envase do fermentado espumante foi considerado o uso de garrafas de vidro com capacidade de 750 mL específicas para envase de espumantes, juntamente com as rolhas, gaiolas, cápsulas e rótulos impressos.

2.2 Etapas de produção do fermentado espumante de hidromel

O processo de produção do fermentado espumante é dividido em duas fermentações. Para que o hidromel base fosse produzido foi necessário realizar a primeira fermentação, onde os mostos de mel foram suplementados com extrato de grão-de-bico, as leveduras metabolizam o açúcar presente no mel convertendo-o em ácidos orgânicos e etanol por 120 h a 30°C. A seguir, o hidromel base obtido após a primeira fermentação foi transferido para as garrafas e submetido a uma segunda fermentação anaeróbica por 20 dias a 16 °C resultando na carbonatação e produção do fermentado espumante.

2.3 Análise de viabilidade econômica

Conforme Araújo *et al.* (2021), para realizar o estudo de viabilidade econômico-financeira é necessário desenvolver pesquisas de levantamento, referencial teórico e experimental como procedimentos metodológicos a partir de cotações de valores em empresas fornecedoras dos itens necessários para produção do fermentado espumante: equipamentos, reagentes químicos, vidrarias e as matérias-primas. Dessa forma foi realizada a consulta em materiais documentados para obter informações sobre salário base, encargos, impostos, tarifas de água e energia, depreciação assim como a execução de experimentos laboratoriais (análises físico-químicas e produção do fermentado espumante).

2.3.1 Custos fixos e variáveis

Os custos fixos são aqueles que não variam de acordo com o volume de produção, foram calculados com base em despesas mensais constantes, como aluguel, salários,

serviços contábeis e tarifas bancárias. Essas despesas foram registradas por um período de 12 meses, utilizando valores de mercado para o cálculo. Já os custos variáveis dependem diretamente do volume de produção e incluem insumos como mel, grão-de-bico, água, energia e materiais de envase. Para calcular os custos variáveis, estimou-se a produção de 1066 garrafas por mês, e os custos por garrafa foram registrados.

2.3.2 Investimento inicial

O investimento inicial para a implementação da microindústria foi registrado, incluindo os custos com equipamentos industriais, reforma do espaço, materiais de laboratório e capital de giro. Esse valor foi utilizado para calcular o fluxo de caixa ao longo do período de 10 anos e também levou em consideração a depreciação dos equipamentos ao longo do tempo, considerando uma vida útil média de 10 anos para os principais itens.

2.3.3 Determinação dos indicadores econômicos

Para o cálculo dos indicadores foi utilizada uma planilha eletrônica do Excel para realizar os registros. Os principais indicadores de viabilidade econômica utilizados foram o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o período de payback. Para o cálculo desses indicadores, foram inseridos os dados de receita, despesa e fluxo de caixa (Araújo *et al.*, 2021). O VPL foi calculado somando-se os fluxos de caixa projetados ao longo de 10 anos, descontados a uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 15%. A fórmula utilizada foi:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j}$$

Onde FC é o fluxo de caixa, TMA a taxa mínima de atratividade, j o período de cada fluxo e n o período de tempo.

A TIR foi determinada com base na seguinte fórmula:

$$\sum_i^n \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i} - I_0 = 0$$

Onde FC é o fluxo de caixa, TIR a taxa interna de retorno, i o período de cada investimento, n é o período final do investimento e I_0 o investimento inicial. O *payback* simples foi calculado dividindo o valor do investimento inicial pelo ganho anual esperado

com a produção. Para o payback descontado, a mesma fórmula foi utilizada, mas ajustando os ganhos anuais ao valor presente, utilizando a TMA de 15%.

2.3.4 Fluxo de caixa e análise de risco

O fluxo de caixa foi projetado considerando receitas e despesas anuais, com uma produção mensal de 1066 garrafas de fermentado espumante de hidromel. A receita anual foi calculada com base no preço de venda de R\$ 48,00 por garrafa, estimando uma receita bruta de R\$614.016,00 por ano. Os custos fixos e variáveis foram subtraídos para determinar o lucro operacional antes dos impostos. Também foi incorporada a análise de depreciação dos equipamentos e o pagamento do empréstimo bancário, com juros de 2,5% ao mês.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Custo de investimento inicial

O investimento inicial necessário para a implantação da microindústria de fermentado espumante de hidromel foi estimado em R\$ 320.000,00 conforme demonstrado na Tabela 1. Este valor abrange uma série de itens essenciais ao funcionamento da microindústria, incluindo o aluguel do galpão, a reforma do espaço industrial, a aquisição de equipamentos e instalações industriais e administrativas, além do desenvolvimento da marca e do capital de giro. Vale ressaltar que o capital de giro de R\$ 148.202,60 foi calculado com uma margem de segurança para manutenção da operação, já que nos primeiros meses ainda não havia geração de receitas.

Tabela 1- Investimento para implantação da microindústria de fermentado espumante de hidromel na cidade de Feira de Santana- BA.

Instalações/equipamentos/utensílios	Valores (R\$)
Aluguel do galpão	6.000,00
Reforma do espaço industrial	5.000,00
Equipamentos industriais, administrativos e de laboratórios	71.008,40
Desenvolvimento da marca	4.000,00
Equipamentos de proteção Individual	700,00
Abertura do negócio	3.000,00
Capital inicial	82089,00

Capital de giro	148.202,60
Total	320.000,00

Fonte: Autoria própria (2025).

A aquisição de equipamentos industriais, administrativos e de laboratório representou uma das maiores parcelas do investimento inicial (R\$ 71.008,40), sendo de fundamental importância para garantir a produção do fermentado espumante de hidromel em larga escala. Além disso, o custo da reforma do espaço industrial (R\$ 5.000,00) foi necessário para adequar o galpão às exigências sanitárias e regulatórias, conforme previsto no Decreto 6.871/2009 (Brasil, 2009). O cumprimento dessas exigências é de fundamental importância para garantir que a microindústria opere de acordo com as normas legais, evitando penalidades e garantindo a qualidade final do produto. Outro aspecto relevante do investimento inicial foi a necessidade de um empréstimo bancário, com taxa de juros de 2,5% ao mês. Esse financiamento resultou em uma parcela mensal de R\$ 2.733,34 por 120 meses, o que impacta diretamente o fluxo de caixa da empresa. Diante dos valores apresentados, o cenário exige um planejamento financeiro rigoroso para garantir que a empresa tenha a capacidade de honrar os pagamentos mensais do financiamento sem comprometer a saúde financeira do empreendimento a longo prazo. Conforme apontado por Gallina *et al.* (2017), a gestão eficiente dos recursos financeiros e o monitoramento constante de custos e despesas são fundamentais para o sucesso das microindústrias do setor alimentício.

3.2 Custos fixos

Os custos fixos da microindústria somam R\$ 25.072,71 por mês e representam uma parte significativa das despesas operacionais. Estes não variam dependentemente da produção, significando que a empresa terá que arcar com esses custos independentemente da produção. A rigidez nos custos fixos pode impactar a margem de lucro, principalmente em períodos de baixa demanda ou queda nas vendas. Os custos fixos foram divididos em duas categorias principais: custos com pessoal e custos com ativos. O custo com pessoal, que inclui salários e encargos, foi estimado em R\$ 19.320,27 por mês, conforme descrito na Tabela 2. O quadro mínimo de funcionários necessário para o funcionamento da microindústria é composto por um Engenheiro de Alimentos, um técnico de alimentos, um auxiliar de produção e um auxiliar de serviços gerais. A contratação dessa equipe visa

garantir a qualidade e a segurança do produto, visto que o fermentado espumante de hidromel é uma bebida de dupla fermentação, para tanto, é necessário rigorosos controles de qualidade em todo o processo produtivo.

Tabela 2- Custo fixo mensal com salários e encargos da microindústria de fermentado espumante de hidromel na cidade de Feira de Santana- BA.

Descrição	Quantidade	Salário base (R\$)	Encargos (R\$)	Total (R\$)
Engenheiro de alimentos	1	5.000,00	3.833,33	8.833,33
Técnico em alimentos	1	2.200,00	1.686,67	3.886,67
Auxiliar de produção	1	1.518,00	1.163,80	2.681,80
Serviços gerais	1	1.518,00	1.163,80	2.681,80
Honorários do contador	1	700,00	536,67	1.236,67
Total mensal				19.320,27

Fonte: Autoria própria (2025).

Além dos custos com salários e encargos, os custos com ativos, que incluem aluguel, parcela do empréstimo e taxas bancárias, somam R\$ 9.728,34 por mês (Tabela 3). A longo prazo, esses custos podem ser diluídos com o aumento da produção e das vendas, o que melhora a lucratividade da empresa.

Tabela 3- Custos mensais com patrimônio e materiais de consumo na microindústria de fermentado espumante de hidromel em Feira de Santana, BA.

Descrição	Quantidade	Total (R\$)
Aluguel	1	6.000,00
Parcela do empréstimo	1	2.733,34
Despesas bancárias	1	95,00
Internet	1	100,00
Material de limpeza e para escritório	1	800,00
Total mensal		9.728,34

Fonte: autoria própria (2025).

3.3 Custo variáveis de produção do fermentado espumante

O cálculo do custo relacionado à produção mensal do fermentado espumante de hidromel foi realizado por etapas do processo (preparo do extrato de grão-de-bico, caracterização das matérias-primas, preparo do mosto do hidromel base, preparo do inóculo para a primeira fermentação, clarificação do hidromel base, imobilização da levedura para segunda fermentação, adição das leveduras imobilizadas no hidromel base, arrolhamento e rotulagem) conforme Tabela 4. No caso da produção do fermentado espumante de hidromel, os principais custos da produção foram com matérias-primas, reagentes, materiais para acondicionamento e rotulagem, água e energia.

O mel de abelha, por exemplo, é uma das matérias-primas com alto valor agregado e contribui para os atributos sensoriais e nutricionais do fermentado espumante, mas também aumenta significativamente custo de produção. Uma alternativa seria estar em constante negociação a compra de mel com produtores locais, uma estratégia eficaz de compra e comercialização pode reduzir os custos dos insumos, aumentando a competitividade da microindústria no mercado (Cavalcante, 2019).

Um aspecto muito importante a ser considerado é a sazonalidade dos insumos, especialmente do mel de abelha, que pode ter seu preço e disponibilidade impactados por variações sazonais e climáticas. Esse fato pode ocasionar flutuações nos custos de produção e consequentemente na margem de lucro, exigindo que a empresa gerencie seus estoques de forma eficiente e se possível crie uma lista diversificada de fornecedores (Cavalcante, 2019).

Tabela 4 – Custos diretos variáveis relacionados à produção mensal do fermentado espumante de hidromel.

1ª Etapa: Preparo do extrato de grão-de-bico				
Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Água	L	200		
Grão-de-bico	Kg	30	8,55	256,50
Subtotal				256,50
2ª Etapa: Caracterização de matérias-primas				
Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Extrato de grão-de-bico	L	107	-	-
Mel	Kg	291	13,00	3.770,00

Reagentes	-	-	-	16,00
Subtotal				3.786,00
3ª Etapa: Preparo do mosto do hidromel base				
Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Mel	Kg	290	-	-
Extrato de grão-de-bico		107	-	-
Água Suplementada	L	403	-	-
Suplemento 1 (sulfato de amônio)	Kg	0,40		
Suplemento 2 (cloreto de magnésio)	Kg	0,04		
Subtotal				
4ª Etapa: Preparo do inóculo para primeira fermentação				
Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Mel	Kg	29	13,00	377,00
Água	L	51	-	-
Levedura (Premier Cuvée)	Kg	0,027	15,50	93,00
Subtotal				450,00
5ª Etapa: Clarificação do hidromel base				
Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Gelatina	Kg	0,81	11,19	11,19
Subtotal				11,19
6ª Etapa: Imobilização da levedura para segunda fermentação				

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Alginato de sódio	Kg	0,50	261,90	261,90
Cloreto de Cálcio	Kg	0,44	62,86	62,86
Levedura (Premier Cuvée)	Kg	0,009	15,50	31,00
Subtotal				355,76
7ª Etapa: Adição das leveduras imobilizadas no hidromel base				
Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Garrafa para espumante (1L)	Unidades	1066	2,50	2665,00
Tampa com bidule	Unidades	1066	0,44	469,04
Hidromel base	L	0,75	-	-
Levedura imobilizada	-	-	-	-
Subtotal				3134,04
8ª Etapa: Arrolhamento e Rotulagem				
Garrafa para espumante (1L)	Unidades	1066	-	-
Rolha para espumante	Unidades	1066	0,90	959,40
Gaiola de vedação para espumante	Unidades	1066	0,50	533,00
Capsula lacre	Unidades	1066	0,50	533,00
Rótulo	Unidades	1066	1,20	1.279,20
Subtotal				3.304,60
Outros custos variáveis				
Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Energia elétrica	KW.h	4000	0,80	3.200,00
Água no processo	m ³	100	-	511,18

Subtotal	3.711,18
Total	15009,27

Fonte: autoria própria (2025).

Para a produção mensal do fermentado espumante de hidromel, o custo relacionado às matérias-primas, água utilizada no processo e a energia correspondeu a R\$15.009,27 conforme Tabela 4, para a produção de 800 L de hidromel, resultante do desenvolvimento de uma fermentação por semana em fermentadores de 300 L com volume útil de 210 L. Cada fermentação resultou em um volume de 200 L.

3.4 Custo unitário, valor final e margem de lucro

Com base nos custos fixos e variáveis, o custo unitário de produção do fermentado espumante foi estimado em R\$32,00 por garrafa de 750 mL, porém considerando uma margem de lucro de 50% (R\$16,00), resultou num produto com valor de venda de R\$48,00 (Tabela 5). No mercado nacional, uma garrafa de espumante simples de 750 mL tem valor de 50,00 a 150,00 R\$, demonstrando que o fermentado espumante de hidromel tem um valor próximo e competitivo de mercado. De acordo com a Associação Brasileira de Enologia – ABE, o consumo de espumantes no Brasil ultrapassou os 2 litros per capita, e entre produção interna e importação, houve um aumento de 18,1% de 2019 para 2022, evidenciando assim a expansão do setor e a diversificação dos produtos ofertados. Além disso, o mercado de espumantes brasileiros teve recorde nas exportações, em 2022, de janeiro a novembro, com valores de US\$ 12,7 milhões, ultrapassando os US\$ 12,3 milhões de 2021 onde houve 53% de aumento em relação à 2020, demonstrando ser um mercado lucrativo e promissor (Mello, 2009; ABE, 2020; APEXBRASIL, 2023; Martins, 2023).

Tabela 5- Custo unitário e preço final do fermentado espumante de hidromel.

Descrição	Total (R\$)
Custo unitário (por garrafa)	32,00
Lucro (50%)	16,00
Preço produto final	48,00

Fonte: Autoria própria (2025).

A margem de lucro líquido de aproximadamente 50% é um indicador positivo da viabilidade econômica do projeto, desde que o volume de vendas planejado seja atingido.

No entanto, é importante ressaltar que a manutenção desse nível de lucratividade depende de fatores externos, como as condições de mercado e a eficiência na gestão dos custos de produção.

3.5 Fluxo de Caixa

Para a elaboração do fluxo de caixa, assumiu-se a estabilidade do volume de produção ao longo de todo o ciclo de vida do projeto (10 anos), bem como a ausência de variações nos preços das matérias-primas e do produto final (fermentado espumante de hidromel). Nessas condições, os custos fixos e variáveis totalizaram R\$ 528.694,56. A receita projetada para o período de 10 anos correspondeu a um faturamento anual de R\$ 633.006,19, estimado com base na comercialização mensal de 1.066 garrafas de fermentado espumante de hidromel. No ano de implantação da microindústria o fluxo de caixa líquido foi negativo em R\$ 320.000,00 sendo o valor do investimento inicial, pois nesse momento ainda a empresa não produziu receitas. Entretanto, a partir do primeiro ano, o fluxo de caixa se estabiliza, atingindo um valor positivo de R\$ 81.786,78 aumentando gradativamente no decorrer dos anos, uma vez que há aumento do fluxo líquido e dos impostos, conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6- Fluxo de caixa de uma microindústria produtora de fermentado espumante de hidromel.

Item (R\$)	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano10
Receita	-	633.006,1	633.006,1	633.006,1	633.006,1	633.006,1	633.006,1	633.006,1	633.006,1	633.006,1	633.006,1
Bruta		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Custos fixos e variáveis		528694,56	528694,56	528694,56	528694,56	528694,56	528694,56	528694,56	528694,56	528694,56	528694,56
Depreciação		7.056,60	7.056,60	7.056,60	7.056,60	7.056,60	7.056,60	7.056,60	7.056,60	7.056,60	7.056,60
Lucro tributável		97.255,03	104.461,63	112.202,23	120.516,42	129.446,68	139.038,68	149.341,45	160.407,65	172.293,86	185.060,84
Imposto de renda		18.990,17	20.397,34	21.908,78	23.532,23	25.275,96	27.148,91	29.160,65	31.321,45	33.642,37	36.135,27
Fluxo líquido		78.264,86	84.064,29	90.293,45	96.984,19	104.170,72	111.889,77	120.180,81	129.086,20	138.651,49	148.925,57
Amortização		-	-	32.800,08	32.800,08	32.800,08	32.800,08	32.800,08	32.800,08	32.800,08	32.800,08
Investimento	320.000,00										
Fluxo de caixa líquido	-320.000,00	81.786,78	87.847,18	61.556,57	68.548,40	76.058,33	84.124,73	92.788,86	102.095,00	112.090,73	122.827,14

Fonte: Autoria própria (2025).

A depreciação que se refere à redução do valor devido ao desgaste ocasionado pelo uso, a ação da natureza ou a obsolescência normal, não faz parte do desembolso, pois não representa uma saída efetiva de caixa, logo, é somada ao fluxo de caixa da empresa. Pode-se observar que o valor da depreciação apresentou variação a partir do sexto mês devido à vida útil do computador (5 anos), mantendo-se constante para os equipamentos, móveis e utensílios e instalações que possuem vida útil de 10 anos.

A projeção do fluxo de caixa da microindústria demonstra que embora o investimento inicial seja alto, o projeto tem potencial para se tornar rentável a partir do primeiro ano, o que potencializa sua viabilidade econômica. Contudo, a capacidade de manter um fluxo de caixa positivo a longo prazo está diretamente relacionada à manutenção de uma demanda constante e à eficiência na gestão de custos e receitas.

3.6 Determinação dos indicadores econômicos

Os indicadores de viabilidade econômica (VPL, TIR, *Payback* simples e *Payback* descontado são representados na Tabela 7.

Tabela 7- Indicadores de viabilidade econômica de uma microindústria produtora de fermentado espumante de hidromel.

Indicador	Valor
VPL (15%)	R\$ 10.187,79
TIR (15%)	22,36%
<i>Payback</i> simples	4 anos
<i>Payback</i> descontado	3 anos

Fonte: Autoria própria (2025).

O Valor Presente Líquido (VPL) estimado para o projeto foi de R\$10.187,79; indicando viabilidade econômica, uma vez que o valor positivo do (VPL) confirma o retorno do investimento inicial e a atratividade do empreendimento. Em comparação, Araújo et al. (2021) reportaram um (VPL) de R\$5.861,83 para a implantação de uma microindústria de hidromel suplementado com polpa de seriguela e extrato de farelo de soja, o que evidencia que o projeto proposto para a produção de fermentado espumante de hidromel apresenta retorno econômico superior. Ressalta-se ainda o potencial estratégico da microindústria, dada a possibilidade de comercialização simultânea de duas categorias de produto: hidromel e fermentado espumante de hidromel.

A taxa interna de retorno (TIR) foi 7,36% superior à taxa mínima de atratividade (TMA), reforçando assim a viabilidade do projeto e os valores do payback simples e o payback descontado corresponderam a 4 e 3 anos, respectivamente.

CONCLUSÃO

A produção industrial do fermentado espumante de hidromel suplementado com extrato de grão-de-bico pode ser considerada como um projeto economicamente viável e relativamente seguro, levando-se em consideração os indicadores econômicos (VPL, TIR e o método do payback). Esses indicadores poderiam ser melhorados buscando-se adotar algumas parcerias a fim de diminuir o investimento, reduzindo consequentemente o valor final do fermentado espumante de hidromel. Além disso, no contexto social, esse empreendimento pode estimular a produção de hidromel, aumentando consequentemente a diversificação de produtos oriundos do mel e ainda a geração de renda para agricultores familiares e apicultores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBiotec) da Superior – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ABE - Associação Brasileira de Enologia. A vez dos vinhos brasileiros. **Enologia**, 2020. Disponível em <https://www.enologia.org.br/noticia/a-vez-dos-vinhos-brasileiros> Acesso em: jun. 2025.

AMORIM, T. S.; LOPES, S. B.; BISPO, J. A. C.; BONAFE, C. F. S.; CARVALHO, G. B.M.; MARTÍNEZ, E. A. Influence of acerola pulp concentration on mead production by *Saccharomyces cerevisiae* AWRI 796. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, p. 561-569, nov. 2018. Versão impressa e eletrônica.

APEXBRASIL. **Espumantes são carro-chefe do Brasil e vinhos finos conquistam cada vez mais premiações internacionais.** 2023. Disponível em

<https://apexbrasil.com.br/br/pt/conteudo/noticias/vinhos-espumantes-batem-recorde-exportacoes.html> Acesso em: jun. 2025.

ARAÚJO, G.S.; MARTINS, H. F.; SOUZA, S. M. A.; MARTINEZ, E. A. Tecnologia da produção de hidromel: matérias-primas e suplementos inovadores – Parte 1. In: Ribeiro, M. J. B. **Estudos científicos e tecnológicos em biotecnologia**. Aracajú:Backup Books Editora, 2020a.

ARAÚJO, G.S.; GUTIÉRREZ, M. P.; SAMPAIO, K. F.; SOUZA, S. M. A.; RODRIGUES, R. C. L. B.; MARTÍNEZ, E. A. 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**, fev. 2020b.

ARAÚJO, G.S., SOUZA, S.M.A., CARVALHO, G.B.M., & MARTÍNEZ, E.A. Economic and financial viability of a mead-producing micro-industry. **Interface Tecnológica**, v. 18, n.1, p. 402-415, 2021.

BALOGU, T. V.; TOWOBOLA, O. Production and quality analysis of wine from honey and coconut milk blend using *Saccharomyces cerevisiae*. **Fermentation**, v. 3, n. 2, abr. 2017

BRANDÃO, T. S. et al. Estudo de viabilidade econômico-financeira para implantação de uma microindústria produtora de bebida alcoólica fermentada de umbu-cajá (*Spondias bahiensis*). **Custos e @gronegocio**, v.14, n. 3, 2018.

BRAZIL. Decree No 6871 of 4 June 2009. It regulates law n.8918 of July 14, 1994, which provides for standardization, classification, registration, inspection, standardization and inspection of beverages. **Diário Oficial da República federativa do Brasil**, p.20, 5 June 2009.

CARNEIRO E SILVA, A. K.; ANUNCIACÃO, A. S.; CANETTIERI, E. V. BISPO, J. A. C.; MARTINEZ, E. A. Reuse of cells in mead production using *Tamarindus indica* pulp as an unconventional supplement. **European Food Research Technology**, v.248, p.2539-2551, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04068-x>

CAVALCANTE, L. S. **Analysis of the economic and financial impacts on the deployment of an automated process: a case study in a Kombucha Factory**. 2019. Monography (Bachelor of Accounting Sciences) -Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

GALLINA, D. A. et al. Viabilidade econômica da produção industrial de bebida fermentada simbiótica smoothie com polpa de frutas, nas regiões metropolitanas de campinas e São Paulo, estado de São Paulo, período entre outubro e dezembro de 2016. **Informações Econômicas**, v.47, n. 2, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa pecuária municipal**, 2017. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/br>>. Acesso em: 11 de jun. 2025.

LOPES, M. T. R.; BARRETO, A. L. H.; PEREIRA, F. M.; SOUZA, B. A.; FRANCO, L. J. D.; SILVA, S. S. L. **Pólen apícola**: características da produção e da qualidade - Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2022.

MARTINS, Raphael. Vinhos: porque o mercado aposta em espumantes e brancos para reverter consumo em queda. **G1 Economia**, 2009. Disponível em <https://g1.globo.com/economia/noticia/2023/10/29/vinhos-por-que-o-mercado-aposta-em-espumantes-e-brancos-para-reverter-consumo-em-queda.ghml> em jun. 2025.

MELLO, Loiva Maria Ribeiro de. Mercado Brasileiro de Espumantes. Embrapa Uva e Vinho Rua Livramento, 515 95.700-000, **XII Congresso Latinoamericano de Viticultura y Enologia**, Bento Gonçalves-RS, 2009.

MARQUEZAN, L. H. F., & BRONDANI, G. Investment Analysis. **Revista Eletrônica de Accounting**, v. 3, para. 35-35, 2006.

PASCOAL A., ANJOS O., FEÁS X., OLIVEIRA J., ESTEVINHO M. L., Impact of fining agents on the volatile composition of sparkling mead. **Journal of Institute of Brewing**, v. 125, p. 125- 133, 2017.

QUEIROZ E. L, ALMEIDA T.B; SOUZA S.M; RODRIGUES R.C.L.B; MARTINEZ E.A. Melomel production by *Saccharomyces bayanus* using hydrolyzed jackfruit pulp (*Artocarpus heterophyllus*), pollen and rice bran extract (*Oryza sativa*) as unconventional supplements. **Biotecnologia Industrial**. Junho de 2023.151-162.<http://doi.org/10.1089/ind.2023.0005>

RAMALHOSA, E. et al. Mead Production: Tradition Versus Modernity. In: JACKSON, R. S. (Ed.). **Advances in Food and Nutrition Research**. Burlington: Academic Press, v. 63, 2011. cap. 4, p. 101-118.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Apicultura**, 2015. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/803afcf50b5e78c72c250aa49f1960c2/\\$File/5384.pdf/>](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/803afcf50b5e78c72c250aa49f1960c2/$File/5384.pdf/>). Acesso em: 14 fev. 2019.

CAPÍTULO 7

Patente: Fermentado Alcoólico tipo espumante de hidromel
suplementado com extrato de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) e
tecnologia de produção do mesmo

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2025 009386 3

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 14045546000173

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Av Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, Caixa Postal 252 e294

Cidade: Feira de Santana

Estado: BA

CEP: 44036-900

País: Brasil

Telefone: (75) 3224-8355

Fax: (75) 3224-8036

Email: nit.uefs@gmail.com

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): FERMENTADO ALCOÓLICO TIPO ESPUMANTE DE HIDROMEL SUPLEMENTADO COM EXTRATO DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum*) E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DO MESMO

Resumo: A presente patente refere-se ao modelo de invenção de um fermentado alcoólico tipo espumante suplementado com extrato de grão-de-bico. O método de processamento da bebida compreendeu as etapas de: (1) obtenção do extrato de grão-de-bico, (2) ativação da levedura, (3) formulação do mosto, (4) primeira fermentação, (5) trasfega, (6) imobilização das leveduras, (7) segunda fermentação (gaseificação natural), (8) retirada das leveduras imobilizadas, (9) envase. A bebida tem por diferencial a inserção do extrato de grão-de-bico no mosto de mel e submetidos a fermentação que proporcionou melhoria na produção do hidromel base. Para a produção do fermentado espumante pelo método Champenoise (tradicional) é utilizada a imobilização da levedura *Saccharomyces Bayanus* em alginato de cálcio que caracteriza diferencial na tecnologia de produção. Além disso, a presente patente apresenta potencial inovador para aumentar e diversificar produtos oriundos do mel e o uso de suplementos naturais.

Figura a publicar: 2

FERMENTADO ALCOÓLICO TIPO ESPUMANTE DE HIDROMEL SUPLEMENTADO COM EXTRATO DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum*) E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DO MESMO

Campo da invenção

[001] O hidromel é uma bebida alcoólica tradicional com quatro a quatorze por cento de etanol, oriunda da fermentação de mosto de mel e água potável, adicionados ou não de sais e/ou outras fontes de nutrientes. O hidromel tradicional é produzido apenas a partir da fermentação de mel monofloral ou multifloral, no entanto, é permitida a adição de alguns aditivos. Ainda segundo os autores, a adição de especiarias, frutas ou ervas não é permitida para mascarar o sabor do mel. Sendo assim, a presente invenção trata-se de um fermentado alcoólico tipo espumante obtido com a segunda fermentação do hidromel oriundo da primeira fermentação do mosto de mel (mel, água, sais minerais e extrato de grão-de-bico) por levedura *Saccharomyces Bayanus* imobilizadas em alginato de cálcio pelo método *Champenoise* (tradicional). Sendo assim, visando aumentar e diversificar produtos oriundos do mel, além disso utilizar suplementos naturais e com isso obter um produto gaseificado naturalmente o qual caracteriza ao produto sabor, aroma e cor oriundos do mel e dos adjuntos e espécie de levedura utilizados no processo.

Fundamentos da invenção

[002] O mel é substância natural, produzido pelas abelhas (*Apis Mellifera*) através do processamento do néctar das flores ou secreções de plantas, possui uma complexidade de carboidratos principalmente glicose e frutose, além de ácidos orgânicos, aminoácidos, minerais, vitaminas, enzimas, pólen, cera e pigmentos (LEMOS; SANTOS; SANTOS, 2010). O mel tem sido bastante utilizado em produtos alimentícios quanto medicinais, constituído como uma mistura bastante complexa e com variações quanto a sua origem botânica e geográfica (NIGUSSIE, SUBRAMANIAN, MEBRAHTU 2012).

[003] O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é considerado a segunda leguminosa mais consumida no mundo, sendo o primeiro lugar ocupado pela soja, segundo informações de projetos de estudo da Embrapa Hortaliças (NASCIMENTO, 2016). É cultivado

principalmente na Bacia Mediterrânea, Ásia, África e América do Norte (HUANG, 2006), enquanto no Brasil a produção é insuficiente para atender as necessidades internas, assim grande quantidade é importada do México e Argentina. O consumo do grão-de-bico ainda é muito limitado no Brasil, quando comparado a outras leguminosas como o feijão, possui grande potencial nutricional a ser estudado, a fim de minimizar as deficiências proteicas e minerais da população, uma vez que é uma boa fonte de minerais tais como P, Mg, Fe, K, Co, Mn (AVACINI, 1992). Além disso é uma excelente fonte de carboidratos e de proteínas, que abrangem cerca de 80% do peso total das sementes secas (BRAGA, 1997) A proteína do grão-de-bico tem sido considerada de melhor valor nutricional entre as leguminosas (TAVANO, 2002).

[004] Os espumantes são vinhos que possuem como principal característica a presença de gás carbônico em sua estrutura, provindos da segunda fermentação alcoólica, realizada em ambientes fechados e sob pressão (BONINO *et al.*, 2013). A matéria-prima para a produção de fermentados borbulhantes são comumente conhecidos como vinho base, o espumante se diferencia do vinho base pela presença de gás carbônico, o que gera a perlage (bolhas) que confere frescor e leveza característica do produto.

[005] O mercado de espumantes no Brasil, ao longo das últimas décadas, tem se destacado de forma imperativa, consolidando-se como um dos setores mais promissores da vitivinicultura nacional. Esse crescimento é impulsionado tanto pela qualidade crescente dos produtos quanto pela maior aceitação e consumo por parte dos brasileiros. De acordo com a Associação Brasileira de Enologia – ABE, o consumo de espumantes no Brasil ultrapassou os 2 litros per capita, e entre produção interna e importação, foram 18,1% de 2019 para 2022, evidenciando assim a expansão do setor e a diversificação dos produtos ofertados. Além disso, o mercado de espumantes brasileiros, teve recorde nas exportações, em 2022, de janeiro a novembro, foram US\$ 12,7 milhões, ultrapassando os US\$ 12,3 milhões de 2021, e este ano teve 53% de aumento em relação à 2020 (MELLO, 2009; ABE, 2020; APEXBRASIL, 2023; MARTINS, 2023).

[006] A definição legal de espumantes é bastante complexa e restritiva, pois suas especificações podem variar de acordo com a legislação de cada país, assim como as suas denominações de origem e indicações geográficas de procedência. Contudo os processos para elaboração de espumantes decorre basicamente de cinco tipos de

processos: método tradicional, método charmat, método qualificado de ancestral ou tipo asti (no Brasil conhecido como moscatel), método de transferência isobarmétrica e método contínuo (FLANZY, 2002).

[007] O processo *Champenoise* pode ser chamado também de tradicional, clássico ou fermentação na garrafa, foi desenvolvido na região de Champagne, na França e também é utilizado em outras regiões vitivinícolas do mundo (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009). Para a elaboração do mosto, utilizam-se vinhos de diferentes safras, variedades e vinhedos, entre outras variáveis, na busca em obter o melhor aroma, acidez e corpo para promover a espumantização. Posteriormente, é efetuada a filtração do mosto e é adicionado leveduras selecionadas, coadjuvantes de clarificação, nutrientes e açúcar na proporção necessária para atingir na fermentação, pressão de 6 atm (FLANZY, 2002).

[008] Diante disso, foram observadas algumas patentes desenvolvidas que apresentaram diferenças no processamento e na composição.

[009] A patente (CN107083302A) intitulada Método de preparação para fermentação de vinho espumante através de mel puro, apresenta um método de preparação para fermentação de vinho espumante através de mel puro diluído em água e duas fermentações.

[0010] A patente (BR102022 0251169) intitulada Desenvolvimento de fermentado alcoólico tipo espumante de água de coco (*Cocus Nucifera* L.) com adjuntos de abacaxi (*Ananas Comusus* L. Merrill), refere-se a um fermentado alcoólico tipo espumante produzido a partir de água de coco usando polpa, casca e polpa com a casca do abacaxi como adjuntos.

[0011] A patente (CN116751645A) intitulada Método de preparação de vinho espumante fermentado de pomelo (toranja) e chá verde e produto. A invenção se refere ao campo técnico de processos de fabricação de vinho, em particular a um método de preparo de vinho espumante fermentado de toranja e chá verde. O efeito de interação de diferentes componentes nos sucos de pomelo seco e de chá verde é totalmente utilizado, *Saccharomyces cerevisiae* é adicionado na fermentação para preparar o produto ou vinho espumante de pomelo e chá verde com sabor suave único.

[0012] A patente (BR10200172026) intitulada Fermentado alcoólico tipo espumante de água de coco com adjunto de pera, refere-se a um fermentado alcoólico tipo espumante produzido utilizando água de coco e pera cujo processo de gaseificação foi realizado de forma natural contribuindo para as qualidades sensoriais do produto.

[0013] A patente (CN105838544A) intitulada Método de preparação do vinho espumante fermentado *Actinidia Chinensis* fornece uma tecnologia de produção essencial do vinho espumante de kiwi amarelo (*Actinidia Chinensis*), que foi usado como matéria-prima nas etapas tecnológicas essenciais, como aumento da taxa de extração de suco pelo método de enzimólise por imersão a quente, clarificação e fermentação secundária.

[0014] A patente (BR 1020180761544A2) intitulada Otimização do processo de obtenção de vinho base e de vinho espumante de amora-preta (*Rubus sp.*), refere-se à elaboração/caracterização de vinho base e vinho espumante desta fruta, pelo método modificado.

[0015] A patente (CN107365670A) titulada como: Vinho espumante de limão e abacate, a invenção refere-se ao domínio técnico da produção de vinho e, em particular, ao vinho espumante de abacate e limão e a um método de preparação do mesmo. O vinho espumante de abacate e limão preparado tem características de forte cheiro frutado e sabor suave na boca.

[0016] A patente (BR 10 2013 0084344 A2) intitulada Processo para elaboração de um fermentado alcoólico de polpa de baru (*Dipteryx Alata Vog.*), se caracterizou pelo processo no qual uma mistura homogênea de polpa de baru com sacarose, água e levedura passaram por processos fermentativos, de forma vigorosa e lenta, para que a partir do envelhecimento obtivesse uma bebida fermentada exótica semelhante ao vinho.

[0017] A patente (BR 10 2017 0286657 A2) intitulada Fermentado alcoólico seco de cajá-manga (*Spondias Dulcis*) - VINHO SECO DE CAJÁ MANGA, evidenciou a produção de uma bebida a partir da fruta cajá-manga (*Spondias dulcis*). Para obtenção da bebida foi necessário submeter a polpa do fruto a uma fermentação, que é um processo bioquímico, o qual é realizado por microrganismos que convertem moléculas de carboidratos (açúcares) em álcool, gás carbônico e energia.

[0018] A patente número (BR 10 2020 0161911 A2) intitulada Fermentado misto alcoólico de manga e umbu, constituiu-se de uma invenção desenvolvida a partir de um fermentado alcoólico misto de manga e umbu, obtido a partir de diferentes concentrações de polpa de manga e umbu, gerando cinco unidades experimentais.

[0019] A patente CN107083302A apresenta a mesma matéria-prima que a patente desenvolvida, a mesma apresenta diferenciação no processo de desenvolvimento do produto, as demais patentes encontradas no estado da técnica apesar de apresentarem duas fermentações para gaseificação natural do produto, todas se diferem desta pela utilização de matérias-primas e da metodologia de produção empregada.

Sumário da invenção

[0020] A invenção apresentada supera as descritas acima por agregar características tecnológicas, como a apresentação da gaseificação natural em sua composição com a imobilização das leveduras, além da adição do extrato de grão-de-bico como suplemento não convencional para melhorar o metabolismo das leveduras que atuam assim de forma eficiente na fermentação, já que o mel apresenta alta concentração de açúcares, porém contém baixas concentrações de outros nutrientes tais como proteínas. Além disso, contribui para diversificação do uso do mel, agregando valor e, também, para obter uma bebida com características sensoriais harmônicas.

[0021] Com o intuito de solucionar a falta de nutrientes no meio fermentativo formado por uma solução de água e mel desenvolveu-se a presente invenção que teve como objetivo, realizar a suplementação do mosto de mel com extrato de grão-de-bico visando fornecer nutrientes necessários para que o processo fermentativo seja mais eficiente na conversão de açúcares em álcool. A imobilização das leveduras contribui para a produção de gás característico do espumante e para facilitar a retirada das leveduras do produto final, além da possibilidade de reutilizá-las em outras fermentações.

[0022] Fermentado alcoólico tipo espumante de hidromel suplementado com extrato de grão-de-bico é produzido a partir do mosto composto mel e água na proporção de 1:3, para cada um grama de mel três gramas de água, parte da quantidade de água total foi substituída pela concentração do suplemento extrato de grão-de-bico que pode variar entre 5 g/L e 20 g/L e concentração de levedura entre 0,25 e 0,75 g/L, com o mosto

inoculado ocorre a primeira fermentação na temperatura de 25 a 30°C durante 3 a 5 dias, após a primeira fermentação realiza-se a trasfega separando o hidromel base da massa celular depositada no fundo do fermentador. Para a segunda fermentação e gaseificação na garrafa foi realizada a imobilização das leveduras, em seguida adicionadas no hidromel fermentando a uma temperatura entre 14 a 16 °C, por um período entre 3 a 4 dias, após o fim da segunda fermentação é necessário a retirada das leveduras imobilizadas e por fim é obtido o espumante de hidromel.

[0023] O processo fermentativo do fermentado alcoólico tipo espumante de hidromel foi baseado no método tradicional de produção de espumantes, que consiste em duas fermentações, sendo assim o método compreende as seguintes etapas: (1) obtenção do extrato de grão-de-bico, (2) ativação da levedura, (3) formulação do mosto, (4) primeira fermentação, (5) trasfega, (6) imobilização das leveduras, (7) segunda fermentação (gaseificação natural), (8) retirada das leveduras imobilizadas, (9) envase.

Breve descrição dos desenhos

A FIGURA 1 apresenta o fluxograma de processamento do fermentado alcoólico tipo espumante de hidromel suplementado com extrato de grão-de-bico usando células imobilizadas.

A FIGURA 2 apresenta o sistema de rolha e mangueira, onde a mangueira acoplada a rolha alcança o fundo da garrafa, que é vedada para evitar a perda de gás característico do espumante.

Descrição da invenção

[0024] A invenção pode ser melhor compreendida por meio da descrição detalhada em consonância com a FIGURA 1.

[0025] Etapa (1) - Preparo do extrato de grão-de-bico: para obtenção do extrato de grão-de-bico, foi utilizado 150 g de grão-de-bico com água destilada em frasco schott na proporção 150 g.L⁻¹, posteriormente foi aquecida em autoclave a 121 °C, por 30 min. O material autoclavado foi peneirado e a parte aquosa foi armazenada em frascos plásticos

estéreis. No final do processo os frascos com extrato de grão-de-bico foram armazenados sob congelamento (-18°C) (ARAÚJO *et al.*, 2020).

[0026] Etapa (2) - Ativação do inóculo: A levedura *Saccharomyces bayanus* liofilizada da marca Red Star Premier Cuveé, foi pesada de acordo com as instruções do fabricante. A propagação foi realizada em frascos Erlenmeyer de 500 mL previamente esterilizados contendo 300 mL do mosto de mel e água estéril na concentração de 20° Brix, com pH 5,0. A solução foi agitada em shaker (Tecnal TE-420) nas condições de 30°C a 150 rpm durante 24 h. Após 24 horas alíquotas de 5 mL do mosto foram filtradas, em triplicata, em membranas de 0,45 µm (Millipore) utilizando bomba à vácuo, as membranas foram incubadas em estufa a 60°C e pesadas até peso constante. Paralelamente o restante do mosto preparado foi centrifugado a 3500 xg por 15 min, o sobrenadante descartado, todo o volume de leveduras decantado foi ressuspensionado em solução salina (0,9%) até compor um montante de 10 mL. A partir da suspensão de células, foram realizadas diluições nas concentrações de 1:10, 1:25, 1:50, 1:100, 1:200, determinadas por absorbância (DO 600nm) em espectrofotômetro UV/Vis Femto Modelo 600 Plus. A partir do procedimento, foi construída a curva de peso celular versus densidade óptica, conforme metodologia proposta por Martinez e Santos (2012), com adaptações para a cepa de levedura *Saccharomyces bayanus*.

[0027] Etapa (3) - Formulação e preparo do mosto: o mosto foi preparado com água, mel e extrato de grão-de-bico para obter uma solução de 20°Brix, a concentração do grão-de-bico variou entre 5 e 20 g/L. O pH dos mostos foi ajustado a 5,0 com o uso de carbonato de cálcio ou ácido láctico. As fermentações foram realizadas em frascos Erlenmeyer de 500 mL, contendo 250 mL de mosto.

[0028] Etapa (4) – Adição da levedura e primeira fermentação: a levedura *Saccharomyces bayanus* foi adicionada na concentração entre 0,25 e 0,75 g/L. Os frascos Erlenmeyer, tampados com rolhas providas de válvulas airlock, foram incubados em câmara de germinação (Thoth equipamentos TH.715) a uma temperatura entre 25 a 30°C de 3 a 5 dias.

[0029] Etapa (5) – Trasfega: essa etapa consiste no processo de decantação dos sólidos em suspensão presentes na bebida, dessa forma o hidromel base produzido na primeira

fermentação fica em repouso entre 2 a 5 dias na geladeira para que os sólidos decantem, após esse período o hidromel base é transferido para a garrafa apropriada para espumante para dar seguimento ao processo da segunda fermentação.

[0030] Etapa (6) – Imobilização das leveduras: A imobilização foi baseada na metodologia descrita por Teixeira (2011). Inicialmente, foram preparados 10 mL de solução de alginato de sódio com concentração entre 4 e 6% m/v, a solução foi mantida em agitador magnético para a total dissolução dos grânulos. Em paralelo, foram preparados e autoclavados 50 mL de solução de cloreto de cálcio (CaCl_2) a 2% m/v. Na solução de alginato de sódio, foram adicionadas as *Saccharomyces bayanus* com concentração entre 0,25 e 0,75 g/L, a solução foi agitada para que as leveduras ficassem bem distribuídas, em seguida a solução foi adicionada em uma bureta e gotejada na solução de cloreto de cálcio com vazão de aproximadamente 3 mL.min⁻¹, agitação manual e altura de gotejamento de aproximadamente 24 cm. As esferas formadas permaneceram por 1 h imersas na solução a temperatura de 4°C e, então, foram lavadas com água destilada esterilizada, estando prontas para uso no processo fermentativo.

[0031] Etapa (7) – Segunda fermentação: O hidromel base produzido na primeira fermentação foi transferido para uma garrafa de 750 mL específica para espumante, com o cuidado de deixar *headspace*, em seguida as esferas contendo as leveduras imobilizadas foram adicionadas dentro a garrafa, pois no método tradicional a segunda fermentação é responsável pela gaseificação do produto, a garrafa foi vedada com um sistema de rolha e mangueira FIGURA 2, onde a mangueira acoplada alcance o fundo da garrafa e seja vedada para evitar que com a produção de gás dessa etapa fosse perdido, em seguida a garrafa foi armazenada em câmara de germinação (Thoth equipamentos TH.715) a 16 ° C, por um período de 4 dias.

[0032] Etapa (8) – Retirada das leveduras imobilizadas: após a segunda fermentação as leveduras imobilizadas decantam para o fundo da garrafa, o processo de decantação ocorre de 3 a 5 dias, após esse processo cuidadosamente a vedação da mangueira é retirada para que por diferença de pressão as esferas de leveduras sejam expulsas da garrafa, ao final do processo a garrafa é vedada com a rolha e gaiola para vedação de espumante.

[0033] Etapa (9) – Envase: O envase foi realizado utilizando garrafas de vidro de 750 mL previamente higienizadas e sanitizadas, fechadas com rolhas cogumelo e gaiolas para espumante. As amostras foram adicionadas até o *headspace*, consistindo no espaço vazio entre o líquido até a boca da garrafa. A gaseificação natural do produto ocorreu em temperatura entre 14 a 16°C, por um período entre 3 a 4 dias. O monitoramento da pressão do produto foi conduzido com manômetro acoplado à rolha das garrafas para verificar a produção de gás até obter a pressão de 1,5 a 3,0 atm.

Exemplos de concretizações da invenção

[0034] O hidromel base na primeira fermentação foi produzido a partir do mosto composto por mel, água e extrato de grão-de-bico e levedura, a solução composta por 25% do volume de mel e 75% de água, parte da quantidade de água total foi substituída pela concentração do suplemento extrato de grão-de-bico 10 g/L para obter uma solução 20°Brix, o pH do mosto foi ajustado a 5,0 com o uso de carbonato de cálcio. As fermentações foram realizadas em frascos Erlenmeyer de 500 mL, contendo 250 mL de mosto com a adição de 0,50 g/L de *Saccharomyces bayanus*, em seguida os frascos foram incubados a 30°C, por 5 dias (120 h) obtendo-se assim um hidromel base com teor de etanol igual a 7,72% v/v.

[0035] O hidromel base na primeira fermentação produzido a partir do mosto composto por mel, água e extrato de grão-de-bico e levedura, a solução composta por 25% do volume de mel e 75% de água, parte da quantidade de água total foi substituída pela concentração do suplemento extrato de grão-de-bico 20 g/L para obter uma solução 20 °Brix, o pH do mosto foi ajustado a 5,0 com o uso de carbonato de cálcio. As fermentações foram realizadas em frascos Erlenmeyer de 500 mL, contendo 250 mL de mosto com a adição de 0,25 g/L de *Saccharomyces bayanus*, em seguida os frascos foram e incubados a 30 °C, por 5 dias (120 h) obtendo-se assim um hidromel base com teor de etanol igual a 9,03% v/v. Por apresentar maior percentual alcoólico essa composição é mais vantajosa para a produção do fermentado espumante. Para a segunda fermentação e gaseificação na garrafa foi realizado a imobilização das leveduras em alginato de sódio na concentração de 5% m/v, na solução de alginato de sódio foi adicionado *Saccharomyces bayanus* com concentração de 0,25g/L e gotejada na solução de cloreto de cálcio (CaCl₂) a 2% m/v, em seguida as leveduras imobilizadas

foram adicionadas no hidromel fermentando a uma temperatura de 16 °C, por 4 dias, após o fim da segunda fermentação é necessário a retirada das leveduras imobilizadas e por fim é obtido o espumante de hidromel.

REIVINDICAÇÕES

1. FERMENTADO ALCOÓLICO TIPO ESPUMANTE DE HIDROMEL SUPLEMENTADO COM EXTRATO DE GRÃO-DE-BICO **caracterizado por** ser constituído das seguintes matérias-primas mel, água e extrato de grão-de-bico e levedura
2. FERMENTADO ALCOÓLICO, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelos** componentes mel e água na proporção de 1:3 para cada um grama de mel três gramas de água, parte da quantidade de água total será substituída pela concentração do suplemento extrato de grão-de-bico que varia 5 a 20 g/L e levedura 0,25 a 0,75 g/L são componentes do mosto.
3. FERMENTADO ALCOÓLICO, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizada pelo fato** de o extrato de grão-de-bico estar em uma concentração de 20 g/L e levedura em uma concentração de 0,25 g/L.
4. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FERMENTADO ALCOÓLICO TIPO ESPUMANTE DE HIDROMEL SUPLEMENTADO COM EXTRATO DE GRÃO-DE-BICO, conforme definido nas reivindicações de 1 a 3 **caracterizado pelas** seguintes etapas: (1) obtenção do extrato de grão-de-bico, (2) ativação da levedura, (3) formulação do mosto, (4) primeira fermentação, (5) trasfega, (6) imobilização das leveduras, (7) segunda fermentação (gaseificação natural), (8) retirada das leveduras imobilizadas, (9) envase.
5. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 4 **caracterizado pela** etapa (3): preparar o mosto com água, mel e extrato de grão-de-bico, onde parte da quantidade de água total será substituída pela concentração de 20 g/L do suplemento extrato de grão-de-bico para obter uma solução de 20 °Brix.

6. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 4 **caracterizado pelo** fato de na etapa (7) ocorrer a adição das leveduras imobilizadas ao hidromel base, produzido na primeira fermentação, sendo que ser acondicionado em garrafa específica para espumante, vedada com um sistema de rolha e mangueira, em seguida a garrafa foi armazenada em câmara de germinação com temperatura de 16 °C e período de 4 dias.

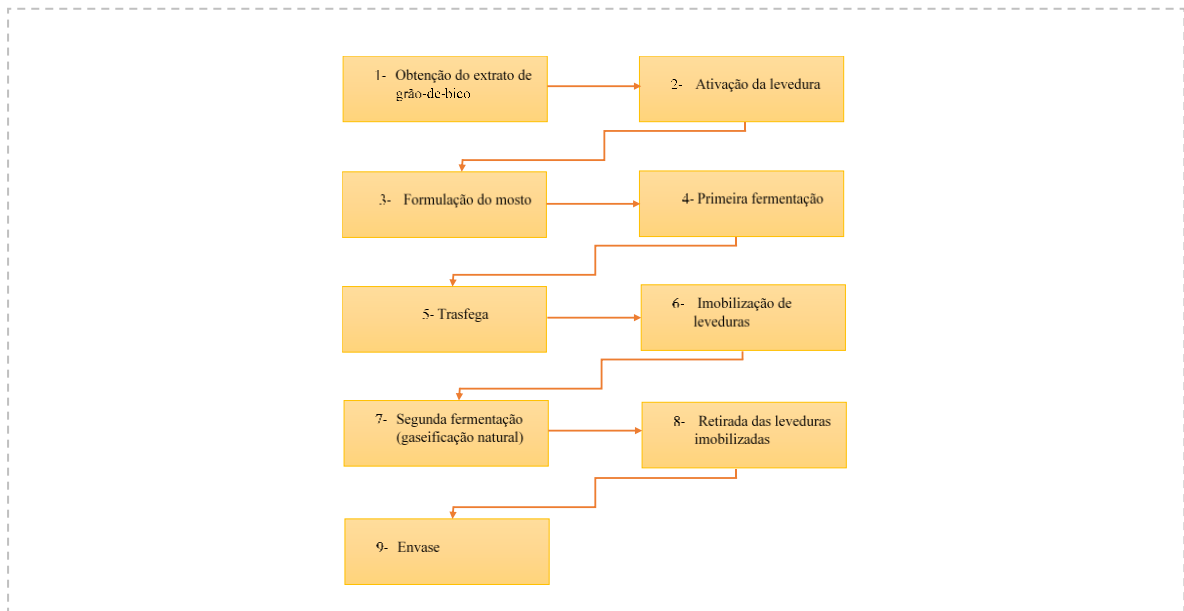
DESENHOS

Figura 1



Figura 2

RESUMO

FERMENTADO ALCOÓLICO TIPO ESPUMANTE DE HIDROMEL SUPLEMENTADO COM EXTRATO DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum*) E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DO MESMO

A presente patente refere-se ao modelo de invenção de um fermentado alcoólico tipo espumante suplementado com extrato de grão-de-bico. O método de processamento da bebida compreendeu as etapas de: (1) obtenção do extrato de grão-de-bico, (2) ativação da levedura, (3) formulação do mosto, (4) primeira fermentação, (5) trasfega, (6) imobilização das leveduras, (7) segunda fermentação (gaseificação natural), (8) retirada das leveduras imobilizadas, (9) envase. A bebida tem por diferencial a inserção do extrato de grão-de-bico no mosto de mel e submetidos a fermentação que proporcionou melhoria na produção do hidromel base. Para a produção do fermentado espumante pelo método *Champenoise* (tradicional) é utilizada a imobilização da levedura *Saccharomyces Bayanus* em alginato de cálcio que caracteriza diferencial na tecnologia de produção. Além disso, a presente patente apresenta potencial inovador para aumentar e diversificar produtos oriundos do mel e o uso de suplementos naturais.

6. CONCLUSÃO GERAL

É possível produzir o fermentado espumante de hidromel através da fermentação do mosto de mel tradicional e suplementado com extrato de grão-de-bico (*Cicer arietinum*), por *S. bayanus* Premier Cuvée na forma livre para a produção do hidromel base na primeira fermentação e na segunda fermentação para a gaseificação do fermentado, por *S. bayanus* Premier Cuvée imobilizada em alginato de cálcio.

As características físico-químicas das matérias-primas estão de acordo com os padrões de qualidade necessários para serem utilizados na produção do fermentado espumante de hidromel. O uso de maiores concentrações de extrato de grão-de-bico favoreceu o consumo de substrato e produção de etanol independentemente da concentração celular. A imobilização de levedura *S. bayanus* Premier Cuvée em alginato de cálcio mostrou-se eficiente no aumento da concentração de etanol e na gaseificação durante a segunda fermentação do hidromel para a produção de espumante.

O fermentado espumante de hidromel apresentou características físico-químicas em concordância com o padrão de identidade e qualidade exigidas pela legislação brasileira para vinhos e espumantes.

O depósito da patente realizado indica que o fermentado espumante de hidromel representa uma área pouco explorada já que não foram encontrados registros anteriores. Por esse motivo, torna-se uma área promissora para o desenvolvimento de novas pesquisas e inovações tecnológicas e a inserção de novos produtos no mercado brasileiro e global.

Da análise econômica e técnica realizada sobre a produção do fermentado espumante de hidromel constatou-se que, para a implantação do projeto é necessário um investimento inicial significativo, mas apresenta um retorno satisfatório. Foram estimados um Valor Presente Líquido (VPL) positivo de R\$ 101.877,09 e uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 22,36%, o que indica a atratividade econômica do empreendimento. A utilização de matérias-primas locais, como mel de abelha, contribui para agregar valor ao produto, oferecendo uma alternativa viável para a diversificação da produção em microindústrias. Os resultados indicam que com planejamento adequado, o projeto pode ser financeiramente viável e contribui para o desenvolvimento regional com a possibilidade de introduzir ao mercado duas bebidas, hidromel e fermentado espumante.

Portanto, os resultados obtidos podem auxiliar os produtores de mel na elaboração de bebidas fermentadas e a diversificação dos produtos, agregando valor e gerando novas fontes de renda.

Recomendamos o desenvolvimento de pesquisas relacionadas com a avaliação da adição de outros suplementos ricos em açúcares na produção do fermentado espumante; o uso de outros métodos para quantificar a produção de gás CO₂ na segunda etapa de fermentação assim como sua concentração no produto final após a retirada das células imobilizadas; avaliar os ciclos de reuso das leveduras imobilizadas na segunda fermentação; realizar a análise sensorial dos produtos para verificar a aceitação dos consumidores.