



AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE HIDROMÉIS COMPOSTOS CARBONATADOS, ESTILOS MELOMEL E METHEGLIN, UTILIZANDO ABACAXI (*Ananas comosus*) E GENGIBRE (*Zingiber officinale*)

EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE HIDROMIELES COMPUESTOS CARBONATADOS, ESTILOS MELOMEL Y METHEGLIN, UTILIZANDO PIÑA (*Ananas comosus*) Y JENGIBRE (*Zingiber officinale*)

EVALUATION OF THE KINETICS OF CARBONATED COMPOSITE HYDROMELS, MELOMEL AND METHEGLIN STYLES, USING PINEAPPLE (*Ananas comosus*) AND GINGER (*Zingiber officinale*)

Apresentação: Comunicação Oral

Emanuel Marques da Silva¹; Josué de Moraes Lima²; Camila Cristina da Silva Lopes³; Laiza de Andrade Santos⁴; Marcelo Barbosa Muniz⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/VICIAGRO.0187>

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar a cinética fermentativa de hidroméis compostos carbonatados nos estilos Melomel e Metheglin, utilizando abacaxi e gengibre como adjuntos. A pesquisa visa propor formulações inovadoras que aliem características sensoriais diferenciadas e aproveitamento de matérias-primas tropicais. Foram desenvolvidas três formulações distintas variando a fração do abacaxi utilizada: casca (B1), casca com polpa (B2) e polpa (B3), todas com adição de gengibre. O processo fermentativo foi conduzido com levedura *Saccharomyces cerevisiae*, sob temperatura controlada de 18 °C, e monitorado por 264 horas. Foram avaliados parâmetros como pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez, teor alcoólico, açúcares redutores e cinética de fermentação (produtividade, conversão e rendimento). Os resultados demonstraram que todas as formulações apresentaram desempenho fermentativo satisfatório, com teores alcoólicos finais entre 7,7 e 8,3 °GL, respeitando os limites da legislação brasileira para hidromel. A formulação B2 obteve o maior teor alcoólico (8,3 °GL), maior conversão (84%), produtividade (0,25 g/L·h) e rendimento (0,47 g/g), evidenciando melhor eficiência fermentativa. A redução dos açúcares redutores totais ultrapassou 91% em todas as formulações, indicando elevada atividade metabólica das leveduras. Os dados indicam ainda que a presença da polpa de abacaxi, rica em açúcares fermentescíveis, favorece a produção de etanol, enquanto a casca, embora considerada resíduo, demonstrou viabilidade como substrato. Além do desempenho técnico, destaca-se o potencial de valorização de subprodutos agroindustriais e a contribuição para o desenvolvimento de bebidas fermentadas diferenciadas com apelo funcional. A metodologia aplicada, pautada em protocolos oficiais de análise e estatística robusta (ANOVA e teste de Tukey), reforça a confiabilidade dos resultados e sua aplicabilidade para produção em escala artesanal ou industrial.

Palavras-chave: hidromel, fermentação alcoólica, abacaxi, gengibre, bebidas funcionais.

¹ Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFPB, emanuel.marques2015.2@gmail.com

² Engenheiro de Alimentos, UFPB, josedmoraisl@gmail.com

³ Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFPB, camilacristinalopes@hotmail.com

⁴ Graduada em Engenharia Química, UFPB, laiza.andrade@academico.ufpb.br

⁵ Professor do Departamento de Engenharia de Alimentos, UFPB, mbmmuniz@yahoo.com

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la cinética de fermentación de hidromieles compuestos carbonatados en los estilos Melomel y Metheglin, utilizando piña y jengibre como adjuntos. La investigación tiene como objetivo proponer formulaciones innovadoras que combinen características sensoriales diferenciadas y el uso de materias primas tropicales. Se desarrollaron tres formulaciones distintas, variando la fracción de piña utilizada: cáscara (B1), cáscara con pulpa (B2) y pulpa (B3), todas con la adición de jengibre. El proceso de fermentación se realizó con levadura *Saccharomyces cerevisiae*, a una temperatura controlada de 18 °C y se monitoreó durante 264 horas. Se evaluaron parámetros como pH, sólidos solubles totales (SST), acidez, contenido de alcohol, azúcares reductores y cinética de fermentación (productividad, conversión y rendimiento). Los resultados demostraron que todas las formulaciones presentaron un rendimiento de fermentación satisfactorio, con contenidos de alcohol finales entre 7,7 y 8,3 °GL, respetando los límites de la legislación brasileña para hidromieles. La formulación B2 presentó el mayor contenido de alcohol (8,3 °GL), la mayor conversión (84%), productividad (0,25 g/L h) y rendimiento (0,47 g/g), demostrando una mejor eficiencia fermentativa. La reducción de azúcares reductores totales superó el 91% en todas las formulaciones, lo que indica una alta actividad metabólica de las levaduras. Los datos también indican que la presencia de pulpa de piña, rica en azúcares fermentables, favorece la producción de etanol, mientras que la cáscara, aunque considerada residuo, demostró viabilidad como sustrato. Además del rendimiento técnico, se destaca el potencial de valorización de subproductos agroindustriales y la contribución al desarrollo de bebidas fermentadas diferenciadas con atractivo funcional. La metodología aplicada, basada en protocolos oficiales de análisis y estadísticas robustas (ANOVA y test de Tukey), refuerza la fiabilidad de los resultados y su aplicabilidad para la producción a escala artesanal o industrial.

Palabras clave: hidromiel, fermentación alcohólica, piña, jengibre, bebidas funcionales.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the fermentation kinetics of carbonated composite meads in the Melomel and Metheglin styles, using pineapple and ginger as adjuncts. The research aims to propose innovative formulations that combine differentiated sensory characteristics and the use of tropical raw materials. Three distinct formulations were developed, varying the pineapple fraction used: peel (B1), peel with pulp (B2) and pulp (B3), all with the addition of ginger. The fermentation process was conducted with *Saccharomyces cerevisiae* yeast, at a controlled temperature of 18°C, and monitored for 264 hours. Parameters such as pH, total soluble solids (TSS), acidity, alcohol content, reducing sugars and fermentation kinetics (productivity, conversion and yield) were evaluated. The results demonstrated that all formulations presented satisfactory fermentation performance, with final alcohol contents between 7.7 and 8.3 °GL, respecting the limits of Brazilian legislation for mead. Formulation B2 had the highest alcohol content (8.3 °GL), highest conversion (84%), productivity (0.25 g/L h) and yield (0.47 g/g), demonstrating better fermentation efficiency. The reduction in total reducing sugars exceeded 91% in all formulations, indicating high metabolic activity of the yeasts. The data also indicate that the presence of pineapple pulp, rich in fermentable sugars, favors ethanol production, while the peel, although considered waste, demonstrated viability as a substrate. In addition to the technical performance, the potential for valorization of agro-industrial by-products and the contribution to the development of differentiated fermented beverages with functional appeal stand out. The methodology applied, based on official analysis protocols and robust statistics (ANOVA and Tukey test), reinforces the reliability of the results and their applicability for production on an artisanal or industrial scale.

Keywords: mead, alcoholic fermentation, pineapple, ginger, functional beverages.

INTRODUÇÃO

O mel é um produto natural doce, produzido pelas abelhas a partir do néctar das flores ou de excreções vegetais, amplamente consumido desde os primórdios da civilização por seu valor energético e propriedades funcionais, como ação antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória (RANNEH et al., 2021; ALVAREZ-SUAREZ et al., 2013).

A partir dele, obtém-se o hidromel, considerada uma das bebidas alcoólicas mais antigas da

humanidade, com registros de produção por volta de 7000 a.C. (MCGOVERN, 2009). Segundo a legislação brasileira, o hidromel é definido como a bebida resultante da fermentação de solução de mel com água e sais nutrientes, contendo entre 4% e 14% de teor alcoólico (v/v) (BRASIL, 2009). Atualmente, sua produção tem crescido nos meios artesanal e industrial, impulsionada pela demanda por bebidas fermentadas naturais e com apelo funcional (TESORE et al., 2022).

A adição de frutas e especiarias durante a elaboração do hidromel não apenas diversifica o perfil sensorial, conferindo novos aromas e sabores, como também melhora os parâmetros fermentativos, pois fornece nutrientes essenciais para o desenvolvimento das leveduras, especialmente nitrogênio, muitas vezes deficiente no mosto de mel (KAWA-RYGIELSKA et al., 2019; SCHWARZ et al., 2020).

Nesse contexto, frutas tropicais como o abacaxi (*Ananas comosus*) destacam-se pelo alto teor de açúcares, ácidos orgânicos e compostos bioativos, além de boa aceitação sensorial (PACHECO et al., 2022). O gengibre (*Zingiber officinale*), por sua vez, é valorizado pelos compostos fenólicos com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas, além de contribuir por conferir refrescância às bebidas (MAO et al., 2019; KIYAMA, 2020).

A escolha de leveduras adequadas, especialmente cepas de *Saccharomyces cerevisiae*, associada ao uso de ingredientes como frutas e especiarias, permite não só a viabilização tecnológica da fermentação, mas também a obtenção de produtos com perfis sensoriais diferenciados e potenciais benefícios funcionais (SCHWARZ et al., 2020; TESORE et al., 2022).

Diante desse panorama, este estudo objetivou desenvolver e avaliar a cinética fermentativa de um hidromel composto carbonatado, dos estilos melomel e metheglin, utilizando abacaxi e gengibre como adjuntos, visando à inovação no setor de bebidas fermentadas e o aproveitamento de matérias-primas locais, com enfoque na sustentabilidade e valorização da biodiversidade.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Mel

O mel é um alimento natural de elevado valor nutricional e sensorial, amplamente consumido pela humanidade desde a antiguidade. Segundo a Instrução Normativa nº 11/2000 (BRASIL, 2000), é produzido por abelhas melíferas a partir do néctar das flores e outras secreções vegetais. O Brasil destaca-se como o maior produtor mundial de mel orgânico, com a região Nordeste ganhando destaque devido à produção em áreas de vegetação nativa, baixa umidade e consequente menor uso de medicamentos, o que favorece um produto mais natural (VIDAL, 2023).

Apesar da relevância na produção, o consumo per capita de mel no Brasil é muito inferior ao de países como Alemanha e Estados Unidos (FAO, 2022), o que é atribuído a fatores culturais e à

limitada diversidade de produtos derivados. Assim, estratégias para diversificação e beneficiamento dos produtos apícolas tornam-se fundamentais (BIERNATH, 2022; AGUIAR, 2018).

Quimicamente, o mel é composto majoritariamente por carboidratos (60%–95%), destacando-se a frutose e a glicose, além de conter proteínas, aminoácidos, vitaminas e minerais como potássio e sódio (RANNEH et al., 2021; TAFERE, 2021). Méis mais escuros geralmente são mais ricos em minerais e compostos fenólicos (CIULU et al., 2011; GHELDOLF et al., 2002). Também se destacam suas enzimas biologicamente ativas, como invertase, glicose oxidase e diástase, essenciais para sua qualidade (ALVAREZ-SUAREZ et al., 2013; SEOW et al., 2023).

Ele possui ainda mais de 600 compostos voláteis e aromáticos, importantes para o perfil sensorial e sua identificação botânica (MANDA et al., 2011). Destaca-se, por fim, a presença do hidroximetilfurfural (HMF), um marcador de deterioração e de impacto negativo na qualidade de subprodutos como o hidromel (SHAPLA et al., 2018; FILHO, 2016).

Abacaxi

O abacaxi (*Ananas comosus*) é uma fruta tropical não climatérica da família Bromeliaceae, originária da América do Sul (COSTA, 2021). O Brasil é um dos principais produtores mundiais, com destaque para as regiões Norte e Nordeste (EMBRAPA, 2022). A variedade Pérola é a mais cultivada, destinada principalmente ao consumo in natura (PARENTE, 2014; OLIVEIRA, 2022).

O abacaxi possui alto valor energético e nutricional, sendo fonte de açúcares naturais, vitaminas (C, A, B1, B2, niacina) e minerais (PACHECO et al., 2022; SANTO et al., 2010). Apesar da ampla utilização da polpa, a casca rica em fibras e minerais ainda é pouco aproveitada (BAZZI et al., 2020; NERES et al., 2015). Nesse contexto, sua aplicação em bebidas fermentadas surge como alternativa viável para o uso integral da fruta e agregação de valor à produção. Parente et al. (2014) demonstraram a viabilidade da fermentação alcoólica do abacaxi Pérola, contribuindo para o desenvolvimento agroindustrial na Paraíba.

Gengibre

O gengibre (*Zingiber officinale*), originário do sudeste asiático, pertence à família Zingiberaceae e é amplamente utilizado tanto na culinária quanto na medicina tradicional (MAO et al., 2019; SOUSA et al., 2023). Rico em compostos fenólicos, terpenos, fibras, lipídios e ácidos orgânicos, o gengibre apresenta propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e até anticancerígenas (MAO et al., 2019).

Sua composição nutricional varia conforme o cultivo e processamento, mas em média o gengibre fresco contém 80,9% de umidade, 12,3% de carboidratos e é fonte de ferro, fósforo, cálcio,

aminoácidos e vitaminas como tiamina, niacina e vitamina C (NUTAKOR et al., 2020).

Leveduras

Leveduras são fungos unicelulares capazes de se reproduzir por brotamento ou fissão. Apresentam metabolismo flexível, podendo realizar respiração aeróbica ou fermentação alcoólica, convertendo açúcares em etanol, CO₂ e subprodutos como ácidos orgânicos (SILVA, 2022; LIMA, 2019).

Um fenômeno importante é o Efeito Crabtree, em que, na presença de altas concentrações de glicose, a levedura prioriza a fermentação mesmo com oxigênio disponível (PARAPOULI et al., 2020). A *Saccharomyces cerevisiae* é a espécie mais utilizada na indústria de bebidas alcoólicas, destacando-se por sua robustez e pela capacidade de produzir compostos que influenciam aroma, sabor e textura (WALKER, 2018).

Hidromel

O hidromel é uma bebida alcoólica fermentada a partir de uma solução de mel e água, podendo incluir frutas (Melomel), especiarias (Metheglin) ou uvas (Pyment) (VENTURINI FILHO, 2016), embora a legislação brasileira reconheça apenas a versão tradicional (BRASIL, 2012). Sua produção envolve preparo do mosto, fermentação, trasfega, maturação e envase (TESORE et al., 2022). Fatores como pH, teor de açúcares e levedura influenciam a eficiência do processo (CARVALHO, 2022), sendo comuns diluições de mel e água entre 1:1 e 1:3 para evitar inibição da fermentação (SROKA et al., 2007).

A composição do mel, a escolha da cepa de levedura e a adição de nutrientes e adjuntos afetam diretamente o perfil sensorial e bioativo do produto final (FILHO, 2016; SIMÃO, 2022). Como o mel é deficiente em nitrogênio e fósforo, a legislação permite a adição de sais nutricionais (KAWA-RYGIELSKA et al., 2019; SCHWARZ et al., 2020). Frutas como o abacaxi contribuem com compostos bioativos e nutrientes essenciais, favorecendo o desempenho fermentativo e a qualidade do hidromel (TESORE et al., 2022).

METODOLOGIA

O estudo utilizou como matérias-primas mel de *Apis mellifera ligustica*, possivelmente monofloral de marmeleiro, proveniente de Mataraca-PB, além de água mineral, abacaxi e gengibre adquiridos em João Pessoa-PB. A levedura empregada foi a *Saccharomyces cerevisiae*, linhagem Premier Blanc (Red Star), fornecida pela empresa We Consultoria e armazenada a 4 °C até o uso. O

abacaxi foi sanitizado, separado em casca, polpa e polpa com casca, triturado e filtrado para obtenção do suco, que foi armazenado a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. O gengibre passou por higienização, sanitização, descascamento e corte em fatias finas.

O hidromel composto, classificado como melomel e metheglin, foi produzido a partir de mosto contendo mel, suco de abacaxi e gengibre. Três formulações foram elaboradas, variando apenas na fração de abacaxi utilizada: casca (B1), polpa com casca (B2) e polpa (B3). A composição base do mosto incluiu 14,29% de mel, 77,14% de água, 8,57% de suco de abacaxi, 8 g/L de gengibre e 0,5 g/L de levedura, com ajuste a 16 °Brix para obtenção de teor alcoólico final entre 6–8% v/v.

Os utensílios e biorreatores (3 L) foram sanitizados com solução clorada (200 ppm). A levedura foi previamente hidratada em mosto antes da inoculação. A fermentação ocorreu a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, com monitoramento diário de pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total e teor alcoólico, onde os açúcares redutores (AR e ART) foram determinados ao início e final da fermentação, por meio do método DNS de Miller (1959). A fermentação foi encerrada com a estabilização de SST e teor alcoólico, determinado por ebuliometria, conforme a Instrução Normativa nº 11/2000 (MAPA) e o Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), que por sua vez foi a metodologia utilizada nos demais parâmetros já mencionados.

Após a fermentação, o hidromel foi maturado por sete dias a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para gaseificação natural (*priming*), adicionaram-se 6 g/L de sacarose antes do envase em garrafas higienizadas (500 e 600 mL), com espaço livre para formação de CO_2 , e posterior fermentação secundária por 30 dias a $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Após esse período, realizaram-se análises físico-químicas do produto final, incluindo acidez total, fixa e volátil, extrato seco e reduzido, pH, teor alcoólico, cinzas e ART, seguindo as metodologias do IAL (2008). A acidez fixa foi obtida por titulação do extrato seco, a volátil pela diferença entre total e fixa, e o extrato seco reduzido pela subtração dos ART do extrato seco total.

Os parâmetros cinéticos de fermentação foram avaliados por meio do cálculo do rendimento ($Y_{p/s}$), produtividade ($\text{g L}^{-1} \text{h}^{-1}$) e taxa de conversão de substrato em etanol, com base nas concentrações de açúcares e etanol obtidas experimentalmente, onde as equações (eq.) 01, 02 e 03 estão descritas abaixo.

$$Y_{p/s}(\%) = \frac{P - P_0}{S_0 - S}$$

(Eq. 01)

$$\text{Produtividade (g L}^{-1}\text{h}^{-1}\text{)} = \frac{P}{t}$$

(Eq. 02)

$$\text{Convers\~ao (\%)} = \frac{P}{S_0 \times 0,511} \times 100$$

(Eq. 03)

O rendimento do produto final (Y_p/s), que traduz a convers\~ao do substrato em etanol, foi determinado pela raz\~ao entre $P-P_0$ e S_0-S , onde: S \u00e9 a concentra\~ao final de substrato (g/L), S_0 a concentra\~ao inicial de substrato (g/L), P a concentra\~ao final de produto (g/L) e P_0 a concentra\~ao inicial de produto (g/L). A produtividade foi calculada utilizando a raz\~ao P/t , sendo P a concentra\~ao de etanol em g/L e t o tempo de fermenta\~ao em horas. A convers\~ao (%) foi calculada pela raz\~ao $P/(S_0 \times 0,511) \times 100$, onde P \u00e9 a concentra\~ao de etanol experimental, S_0 a concentra\~ao inicial de substrato (ART) e 0,511 o fator de convers\~ao de a\~cucar em \u00e1lcool.

Os dados coletados foram submetidos a uma an\u00e1lise de vari\u00e2ncia (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey, utilizando o software MINITAB®. Isso permitiu a avalia\~ao dos efeitos das vari\u00e1veis estudadas. A signific\u00e2ncia para as diferen\u00e7as entre as m\u00e9dias foi estabelecida em 5% ($p \leq 0,05$).

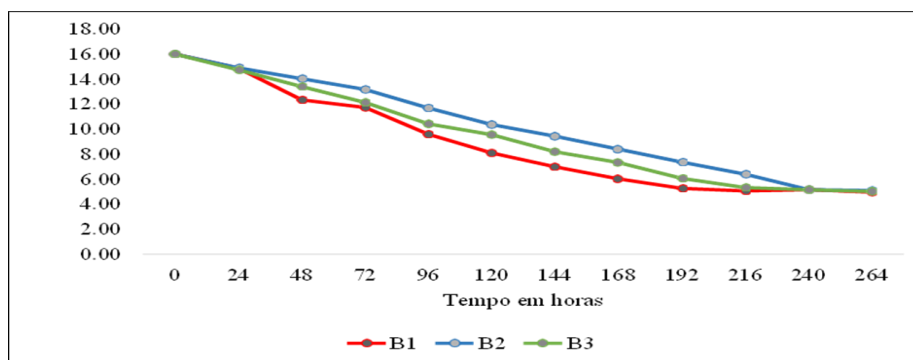
RESULTADOS E DISCUSS\u00c3O

Cin\u00e9tica de fermenta\~ao das formula\~oes de hidromel estilos Melomel e Metheglin de abacaxi e gengibre

A fermenta\~ao durou um total de 11 dias (264 horas) e foi considerada conclu\u00edda com a estabiliza\~ao do teor alco\u00f3lico e dos s\u00f3lidos sol\u00faveis totais (SST), conforme indicam as an\u00e1lises f\u00edsico-qu\u00edmicas. A curva de SST apresentou tr\u00eas fases: nas primeiras 24 horas, todas as formula\~oes mostraram redu\~ao semelhante dos a\~cucars; a partir de 48 horas, B1 apresentou consumo mais r\u00e1pido, seguida por B3 e, por fim, B2, com redu\~ao mais lenta.

A estabiliza\~ao das curvas de SST teve in\u00edcio por volta das 216 horas, com aproxima\~ao dos valores entre as formula\~oes. Apesar de os teores finais n\u00e3o atingirem zero, a fermenta\~ao foi considerada encerrada devido \u00e0 interfer\u00eancia do etanol e outros solutos nas medi\~oes de \u00b0Brix (Tonoli, 2011; Pereira, 2022), crit\u00e9rio tamb\u00e9m adotado por Duval\u00e9 (2021) e Pereira (2022) em fermentados semelhantes, validando o crit\u00e9rio adotado.

Figura 1: Varia\~ao do teor de s\u00f3lidos sol\u00faveis totais (\u00b0Brix) durante o processo de fermenta\~ao das formula\~oes B1, B2 e B3.



B1 = Formulação com o suco da casca do abacaxi e o gengibre como adjunto; B2 = Formulação com o suco da casca e a polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto; B3 = Formulação com o suco da polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto. **Fonte:** Autoria Própria, 2023.

O processo fermentativo envolve a conversão dos açúcares do mosto em etanol e outros subprodutos pelas leveduras, resultando na redução dos sólidos solúveis totais, aumento do teor alcoólico (representado na Tabela 1) e formação de compostos que influenciam as características sensoriais da bebida (Duvale, 2021; Venturini Filho, 2016). Após 264 horas, os teores alcoólicos estabilizaram-se em 7,7 °GL (B1), 8,3 °GL (B2) e 8,0 °GL (B3), valores que atendem à faixa permitida pela legislação brasileira para hidroméis (Brasil, 2012), confirmando a viabilidade técnica das formulações.

Tabela 1: Variação do teor alcoólico (°GL) durante o processo de fermentação das formulações B1, B2 e B3.

Tempo de cinética (horas)	Formulação B1	Formulação B2	Formulação B3
0	0,00a	0,00a	0,00a
24	0,00a	0,00a	0,00a
48	1,80a	1,65b	1,85a
72	2,90a	2,50b	3,10c
96	3,45a	3,20b	3,35b
120	4,06a	3,85b	3,40c
144	4,20a	4,00b	4,65c
168	5,40b	5,75a	5,50b
192	6,65a	6,20b	6,30b
216	7,40b	7,40b	7,70a
240	7,60a	8,20b	7,90c
264	7,70a	8,30b	8,00c

Letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ($p < 0,05$) entre si pelo teste de Tukey.

B1 = Formulação com o suco da casca do abacaxi e o gengibre como adjunto; B2 = Formulação com o suco da casca e a polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto; B3 = Formulação com o suco da polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto. **Fonte:** Autoria Própria, 2023.

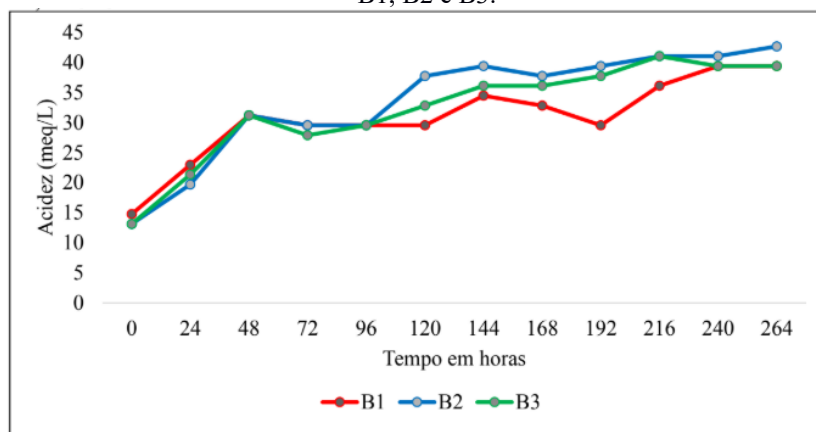
Entre as amostras, a formulação B1 (casca de abacaxi) obteve o menor teor alcoólico, enquanto B2 (casca + polpa) apresentou o maior. Tal diferença pode estar relacionada à composição da casca, mais rica em minerais e cinzas, o que pode influenciar negativamente a eficiência fermentativa (VENTURINI FILHO, 2016). A fermentação mais lenta observada em B2 também pode

ter favorecido uma conversão mais completa dos açúcares, resultando em maior teor de etanol ao final do processo.

A produção de álcool está diretamente associada ao consumo de açúcares pelas leveduras, sendo estimado que, para cada redução de 2 °Brix no mosto, cerca de 1 °GL de etanol é gerado (COSTA A. et al., 2016), o que indica uma boa eficiência fermentativa nas três formulações. Os resultados obtidos neste estudo foram superiores aos de Kraemer (2019), que relatou teores alcoólicos entre 3,93 e 4,59 °GL em melomeis de abacaxi com tempo de fermentação mais curto. Por outro lado, Mascarenhas et al. (2017) observaram teores entre 12,52 °GL e 13,48 °GL em hidroméis com polpa de abacaxi, reforçando que esse ingrediente pode potencializar a produção de etanol. Os dados desta pesquisa corroboram essa tendência, confirmando que a adição de polpa promove maior rendimento alcoólico.

Na figura 2 estão apresentados os valores de acidez total ao longo da fermentação das três formulações. De maneira geral, os resultados foram semelhantes entre os tratamentos, sem diferenças significativas durante a maior parte do processo, conforme o teste de Tukey, exceto nos tempos de 144 e 192 horas. Os valores iniciais de acidez total foram de $14,77 \pm 0,00$ meq/L para B1 e $13,13 \pm 2,84$ meq/L para B2 e B3. Ao final da fermentação, os teores aumentaram para $39,38 \pm 0,00$ meq/L (B1 e B3) e $42,67 \pm 2,84$ meq/L (B2), representando elevações de aproximadamente 166%, 225% e 200%, respectivamente.

Figura 2: Variação da acidez total (meq/L) durante o processo de fermentação das formulações B1, B2 e B3.



B1 = Formulação com o suco da casca do abacaxi e o gengibre como adjunto; B2 = Formulação com o suco da casca e a polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto; B3 = Formulação com o suco da polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto. **Fonte:** Autoria Própria, 2023.

Os valores de acidez total obtidos neste estudo foram inferiores aos relatados por Kraemer (2022), que variaram entre 53,88 e 73,88 meq/L, possivelmente devido a diferenças na acidez inicial, mas semelhantes aos observados por Pereira (2022) em hidromel de manga e lúpulo (44,58 a 51,52

meq/L). Embora sem diferença estatística significativa, a formulação B2 apresentou acidez ligeiramente maior, possivelmente devido à fermentação mais lenta e à formação diferenciada de compostos ácidos. A curva da Figura 2 mostra aumento gradual da acidez total nas primeiras 48 horas, coincidindo com a queda mais acentuada do pH, seguida por oscilações até o pico final, indicando produção contínua de ácidos orgânicos. Segundo Oliveira (2002), a qualidade do mel influencia diretamente a acidez e, consequentemente, o perfil sensorial e a estabilidade do hidromel.

A Tabela 2 descreve a variação de pH dos fermentados analisados durante o período da fermentação. Logo ao início da fermentação, nas primeiras 24 horas, os valores de pH já começaram a ter uma diferença significativa entre eles, onde a formulação B2 teve um pH um pouco menor que os outros fermentados. Ao término do processo de fermentação, notou-se uma diminuição no valor do pH em comparação com as medidas iniciais. Especificamente, a formulação B1 revelou um pH de 3,45, a B2 apresentou um pH de 3,47, enquanto a formulação B3 se diferenciou estatisticamente com um valor mais baixo, registrando um pH de 3,38. É relevante observar que esses resultados divergem dos achados de Kraemer (2019), cuja pesquisa demonstrou valores de pH variando entre 3,78 e 4,10.

Tabela 2: Variação do pH durante o processo de fermentação das formulações B1, B2 e B3.

Tempo de cinética (horas)	Formulação B1	Formulação B2	Formulação B3
0	3,74 ± 0,01a	3,70 ± 0,01a	3,72 ± 0,00a
24	3,60 ± 0,02a	3,56 ± 0,02b	3,62 ± 0,01a
48	3,66 ± 0,08a	3,61 ± 0,00b	3,64 ± 0,02b
72	3,85 ± 0,06a	3,91 ± 0,01a	3,87 ± 0,02a
96	3,34 ± 0,01b	3,52 ± 0,02a	3,37 ± 0,01b
120	3,53 ± 0,03b	3,54 ± 0,02b	3,60 ± 0,02a
144	3,78 ± 0,01a	3,90 ± 0,02ab	3,70 ± 0,03b
168	3,60 ± 0,02a	3,57 ± 0,01a	3,61 ± 0,01a
192	3,46 ± 0,01b	3,50 ± 0,02a	3,53 ± 0,01a
216	3,26 ± 0,02a	3,28 ± 0,03a	3,28 ± 0,08a
240	3,41 ± 0,00a	3,42 ± 0,00a	3,33 ± 0,02a
264	3,45 ± 0,00a	3,47 ± 0,01a	3,38 ± 0,00b

Letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ($p < 0,05$) entre si pelo teste de Tukey.

B1 = Formulação com o suco da casca do abacaxi e o gengibre como adjunto; B2 = Formulação com o suco da casca e a polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto; B3 = Formulação com o suco da polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto. **Fonte:** Autoria Própria, 2023.

De acordo com Mascarenhas et al. (2017), a levedura tem uma taxa de multiplicação mais eficaz em ambientes com pH ácido. Por isso essa faixa de pH é excelente para a produção do hidromel e é observado em diversos estudos de produção (Duvale, 2021; Pereira, 2022; Kraemer, 2019; Oliveira, 2022).

Os teores de Açúcares Redutores (AR) e Totais (ART) nas formulações B1, B2 e B3, avaliados no início (0 h) e ao final da fermentação (264 h), estão disponíveis na Tabela 3.

Inicialmente, não houve diferença significativa entre as formulações quanto aos AR. Ao final, observou-se consumo diferenciado, com reduções de 96,8% (B1), 94,05% (B2) e 93,97% (B3). Esses valores indicam um consumo mais eficiente em relação ao estudo de Duvalé (2021), que observou reduções de 65,22% a 89,25% após 504 horas de fermentação.

Tabela 3: Teor de Açúcares Redutores e Redutores Totais (g/L) no início e final da fermentação das formulações B1, B2 e B3.

Parâmetro	Tempo	B1	B2	B3
Açúcares Redutores (AR)	0h	141,40 ± 2,51a	139,76 ± 1,72a	140,82 ± 1,42a
Açúcares Redutores (AR)	264h	4,45 ± 0,05a	7,05 ± 0,14b	8,49 ± 0,06c
Açúcares Redutores Totais (ART)	0h	157,01 ± 1,35a	152,13 ± 1,84b	152,66 ± 3,65b
Açúcares Redutores Totais (ART)	264h	8,22 ± 0,09c	11,85 ± 0,06b	12,46 ± 0,10a

Letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ($p < 0,05$) entre si pelo teste de Tukey.

B1 = Formulação com o suco da casca do abacaxi e o gengibre como adjunto; B2 = Formulação com o suco da casca e a polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto; B3 = Formulação com o suco da polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto. **Fonte:** Autoria Própria, 2023.

Os Açúcares Redutores Totais (ART) apresentaram valores iniciais em torno de 160 g/L, compatíveis com os sólidos solúveis (~16 °Brix), sendo que a formulação B1 diferiu estatisticamente das demais. Ao final da fermentação, as reduções foram de 94,8% (B1), 92,2% (B2) e 91,8% (B3), com diferenças significativas entre as formulações. Estudos anteriores, como os de Duvalé (2021) e Pereira (2022), relataram valores finais mais elevados de ART, possivelmente devido ao uso de diferentes adjuntos. O abacaxi, por sua vez, mostrou-se um substrato eficiente, favorecendo o consumo de açúcares e o aumento do teor alcoólico (MASCARENHAS et al., 2017).

Parâmetros fermentativos das formulações dos hidroméis estilos melomel e metheglin de abacaxi e gengibre

Na Tabela 4, estão dispostos os resultados dos principais indicadores de desempenho fermentativo das formulações avaliadas, com destaque para conversão global, produtividade e rendimento.

Tabela 4: Parâmetros cinéticos do processo fermentativo das formulações B1, B2 e B3.

Formulações	% Conversão	Produtividade	Rendimento
		(g/L.h)	(g/g)
B1	76%	0,23	0,41
B2	84%	0,25	0,47
B3	81%	0,24	0,45

B1 = Formulação com o suco da casca do abacaxi e o gengibre como adjunto; B2 = Formulação com o suco da casca e a polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto; B3 = Formulação com o suco da polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto. **Fonte:** Autoria Própria, 2023.

A eficiência global dos processos fermentativos, avaliada pela taxa de conversão do substrato em produto com base no fator teórico de conversão de açúcar em álcool (0,511), indicou que a formulação B2 apresentou a maior taxa (84%), seguida por B3 (81%) e B1 (76%). As formulações que incluíram suco da polpa de abacaxi (B2 e B3) mostraram maior eficiência fermentativa, com o melhor desempenho da B2, que combinou polpa e casca do abacaxi. Mesmo a formulação B1, que utilizou apenas casca, apresentou alta eficiência, evidenciando a viabilidade do aproveitamento da casca, geralmente descartada, como substrato fermentativo. Comparando com estudos anteriores, B1 e B3 tiveram taxas ligeiramente inferiores às reportadas por Duvalé (2021) e Farias (2016), enquanto B2 superou esses valores, destacando a eficácia da combinação dos adjuntos.

Quanto à produtividade, as formulações apresentaram resultados próximos, com B2 liderando (0,25 g/L.h), seguida por B3 (0,24 g/L.h) e B1 (0,23 g/L.h), acompanhando a taxa de conversão e o teor alcoólico. Apesar de inferiores aos valores reportados por Ferraz (2015), que registrou produtividades entre 0,956 e 1,134 g/L.h, os resultados foram comparáveis aos de Brito (2015), com produtividades de 0,07 a 0,17 g/L.h, considerando diferenças em levedura e estratégias fermentativas. O rendimento do substrato em produto (Y_p/s) também seguiu essa tendência, com 0,41 g/g para B1, 0,47 g/g para B2 e 0,45 g/g para B3, sendo o valor de B2 superior ao encontrado por Ferraz (2015), reforçando o bom aproveitamento dos substratos utilizados.

Caracterização dos hidroméis estilos melomel e metheglin de abacaxi e gengibre

A Tabela 5 fornece a caracterização dos hidroméis carbonatados tipo melomel e metheglin de abacaxi e gengibre produzidos neste estudo, apresentando os resultados de pH, acidez total, acidez fixa, acidez volátil, cinzas, teor alcoólico, extrato seco reduzido e açúcares redutores totais. Ela compila as análises realizadas após o término do processamento dessas bebidas, proporcionando uma visão completa das suas características e a comparação com a Legislação Vigente Brasileira.

Tabela 05: Caracterização físico-química dos produtos finais das formulações B1, B2 e B3.

Parâmetro	B1	B2	B3	IN n° 34/2012
pH	3,68 ± 0,09a	3,73 ± 0,03a	3,64 ± 0,01a	-
Acidez Total (meq/L)	45,94 ± 2,84a	44,30 ± 4,92a	42,66 ± 4,51a	≥50 e ≤130
Acidez Fixa (meq/L)	32,49 ± 0,19b	35,97 ± 0,23a	36,42 ± 0,19a	≥30
Acidez Volátil (meq/L)	13,45 ± 3,02a	8,33 ± 5,12a	6,23 ± 5,85a	≤20
Cinzas (g/100g)	7,96 ± 3,04a	8,98 ± 2,30a	3,99 ± 1,73a	≥1,5
Teor Alcoólico (°GL)	9,20 ± 0,00ab	8,90 ± 0,00b	9,3 ± 0,0a	≥4 e ≤14
Extrato Seco Reduzido (g/L)	12,42 ± 0,12ab	12,55 ± 0,00a	12,27 ± 0,14b	≥7
Açúcares Redutores Totais (g/L)	3,26 ± 0,16a	3,28 ± 0,08a	3,28 ± 0,18 a	-

Letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ($p < 0,05$) entre si pelo teste de Tukey.

B1 = Formulação com o suco da casca do abacaxi e o gengibre como adjunto; B2 = Formulação com o suco da casca e a polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto; B3 = Formulação com o suco da polpa do abacaxi e o gengibre como adjunto. **Fonte:** Autoria Própria, 2023.

Os hidroméis apresentaram pH médio entre 3,64 e 3,73, sem diferenças significativas entre as formulações, em concordância com Kraemer (2019), Pereira (2022) e Duvalé (2021). A acidez total ficou abaixo do intervalo legal (50–130 meq/L) segundo o BRASIL (2012), possivelmente devido à curta maturação, e também abaixo dos valores observados por Kraemer (2019) e Dantas (2016). A acidez fixa variou entre 32,49 e 36,42 meq/L, com destaque para a formulação B1, que apresentou diferença significativa, mas permaneceu dentro dos limites legais. A acidez volátil (6,23 a 13,45 meq/L) indicou boas condições fermentativas, ficando abaixo do limite legal e dos valores de Kraemer (2019). Os teores de cinzas (3,99 a 8,98 g/100g) superaram o mínimo exigido (1,5 g/100g), com maiores valores nas formulações com casca de abacaxi, rica em minerais (BRUNELLI, 2015).

Os teores alcoólicos (8,9 a 9,3 °GL) atenderam à legislação (BRASIL, 2012) e aos valores de Pereira (2022). O extrato seco reduzido (12,27 a 12,55 g/L) superou o mínimo legal (7 g/L), influenciado pelo teor de mel e adjuntos (BRUNELLI, 2015), sendo inferior ao relatado por esse autor devido ao menor uso de mel. Segundo Hashizume (2001), bebidas com menos de 20 g/L de extrato são consideradas leves — característica dos hidroméis avaliados. Os teores de açúcares redutores totais (3,26 a 3,28 g/L) classificam os produtos como suaves, conforme a Instrução Normativa n° 34/2012, demonstrando adequação às exigências técnicas e sensoriais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa demonstrou a viabilidade técnica do uso de abacaxi e gengibre como adjuntos na produção de hidroméis compostos, destacando a formulação B2 (polpa e casca) pelos melhores indicadores fermentativos. Os resultados evidenciam tanto a eficiência do processo quanto o potencial de inovação por meio do aproveitamento integral de matérias-primas tropicais e subprodutos, contribuindo para a sustentabilidade e a diversificação da agroindústria de bebidas fermentadas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. R. de. **A apicultura como alternativa para o desenvolvimento rural sustentável**. 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 3 jun. 2025.

ALVAREZ-SUAREZ, J. M. et al. Honey as a Source of Dietary Antioxidants: Structures, Bioavailability and Evidence of Protective Effects Against Human Chronic Diseases. **Current Medicinal Chemistry**, v. 20, n. 5, p. 621–638, 2013.

BACAXIXI, A. C. C. Apicultura: técnica e manejo. Brasília: **Conab**, 2011.

BAZZI, J. et al. Aproveitamento integral do abacaxi: uma revisão bibliográfica. 2020. 32 p. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Técnico em Alimentos) – Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Xanxerê, SC.

BENZING, D. H. The biology of the bromeliads. Portland: **Timber Press**, 2000.

BIERNATH, A. Mercado de mel cresce com maior interesse dos consumidores por alimentos naturais. **Globo Rural**, 2022.

BRASIL. Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 11, de 20 de outubro de 2000. Estabelece a identidade e qualidade do mel. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 34, de 29 de novembro de 2012. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para hidromel. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2012.

BRITO, Analu Fretias de Souza. Análise Cinética e Estudo dos Parâmetros Fermentativos para a produção de hidromel. 2015. 67 f. **Tese** (Doutorado) - Curso de Engenharia de Biotecnologia e Processos, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2015.

BRUNELLI, L. T. **Caracterização Físico-química, energética e sensorial de hidromel**. Botucatu – SP, 2015. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq1432.pdf>> Acesso em: 03 de Jun. 2025.

CARVALHO, J. V. Influência de parâmetros físico-químicos na fermentação alcoólica do hidromel. **Revista de Alimentos e Bebidas Fermentadas**, v. 6, n. 2, p. 45-52, 2022.

CIULU, M. et al. Development of a simultaneous extraction and derivatization method for the GC–MS analysis of polyphenols in honey. **Journal of Chromatography A**, v. 1218, p. 4849-4856, 2011.

COSTA, Y. A. *et al.* SECAGEM DE SUBPRODUTO GERADO NA AGROINDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DO ABACAXI PÉROLA. **Desvendando A Engenharia: sua abrangência e multidisciplinaridade** - Volume 2, [S.L.], p. 409-424, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.37885/210705439>. Acesso em: 02 de Maio de 2025.

DANTAS, T. M. O. Avaliação cinética da fermentação alcoólica de mel industrial como substrato para produção de hidromel. **Trabalho de Conclusão de Curso: Engenharia de Alimentos**. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, 2016.

DUVALE, D. S. Elaboração e caracterização físico-química e sensorial de hidromel com adição de frutas tropicais. 2021. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DUVALE, R. L. F. Desenvolvimento de Hidromel de Hibisco (*Hibiscus sabdariffa*) com adição de lúpulo, e avaliação dos parâmetros cinéticos da fermentação alcoólica. 2021. **TCC (Graduação)** - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

EMPRAPE – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Produção brasileira de abacaxi em 2021**. 2022. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/abacaxi/b1_abacaxi.pdf. Acesso em 10 Maio. 2025.

FERRAZ, F. de O. Estudo dos parâmetros fermentativos, características físico-químicas e sensoriais de hidromel. 2015. 129 f. **Tese** (Doutorado) - Curso de Biotecnologia, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015. Acesso em: 29 de Maio de 2025.

FILHO, A. L. Influência da composição do mel na qualidade do hidromel. **Revista Brasileira de Produtos Fermentados**, v. 2, p. 16-22, 2016.

FLEET, G. H. Wine microbiology and biotechnology. Londres: **Harwood Academic Publishers**, 1998.

GHELDOLF, N.; ENGESHETH, N. J. Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 10, p. 3050–3055, 2002.

Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KAWA-RYGIELSKA, J.; GUTKOWSKA, B.; SROKA, P. The influence of nitrogen nutrient addition on the fermentation of mead. **Fermentation**, v. 5, p. 48, 2019.

KIYAMA, Ryoiti. Nutritional implications of ginger: Chemistry, biological activities and signaling pathways. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 85, p. 108486, 2020.

KRAEMER, M. S. Desenvolvimento e caracterização de hidromel tradicional e melomel com polpa de abacaxi. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 24 de junho de 2019.

LIMA, U. de A. Álcool e combustível: a fermentação e sua importância industrial. São Paulo: **Blucher**, 2019.

MAO, Q. Q. et al. Bioactive compounds and bioactivities of ginger (*Zingiber officinale Roscoe*). **Foods**, v. 8, n. 6, p. 185, 2019.

MASCARENHAS, N. S. et al. Avaliação da produção de hidromel utilizando frutas como aditivos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 20, p. 1-10, 2017.

MCGOVERN, Patrick E. **Uncorking the past: The quest for wine, beer, and other alcoholic beverages**. Berkeley: University of California Press, 2009.

NERES, M. O. et al. Aproveitamento da casca de abacaxi na elaboração de bebida fermentada. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 10, p. 156-162, 2015.

NUTAKOR, J. A. et al. Composition and health benefits of ginger. **Nutrition and Health Journal**, v. 26, n. 2, p. 123-134, 2020.

OLIVEIRA, G. B. de et al. Bebida à base de mel de abelha com adição de suco de abacaxi pérola e hortelã: Estudo da cinética de fermentação. 2022. 72 p. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB.

PACHECO, L. P. et al. Potencial nutritivo do abacaxi ‘Pérola’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 44, p. e-185, 2022.

PACHECO, Tanise de S. et al. Physicochemical characterization and antioxidant capacity of different pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) genotypes. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 42, e77121, 2022.

PARAPOULI, M. et al. *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. **AIMS Microbiology**, v. 6, n. 1, p. 1-31, 2020.

PARENTE, E. R. Utilização do abacaxi na produção de fermentados. **Boletim Agroindustrial**, v. 21, n. 1, p. 28-32, 2014.

PEREIRA, R. A. Produção de hidromel com diferentes tipos de mel e frutas: efeito nas características físico-químicas e sensoriais. 2022. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RANNEH, Y. et al. Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. **BMC Complementary Medicine and Therapies**, [S.l.], v. 21, art. 30, 2021.

SHAPLA, U. M.; SOLAYMAN, M.; ALAM, N.; GAN, S. H.; KHALIL, I. 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. **Chemistry Central Journal**, v. 12, art. 35, 2018.

SCHWARZ, Marcin et al. Effect of fruit and herb addition on the chemical composition and antioxidant activity of mead. **LWT - Food Science and Technology**, v. 122, p. 109064, 2020.

SCHWARZ, M. et al. Nutritional limitations in honey fermentation: challenges in mead production. **Food Microbiology**, v. 89, p. 103418, 2020.

SEOW, J. et al. Honey quality and enzymatic indicators: a review. **Food Chemistry Advances**, v. 2, p. 100068, 2023.

SILVA, P. A. de. Potencial tecnológico de leveduras Não-Saccharomyces. 2022. 44 p. **Dissertação** (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife – PE. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/46126>. Acesso em: 10 de Maio 2025.

SIMÃO, A. P. Desenvolvimento de hidromel funcional com adição de plantas medicinais. **Revista de Bebidas Alcoólicas e Funcionais**, v. 3, n. 1, p. 10-18, 2022.

SOUSA, A. R. de; LIMA, A. L. M. G. Gengibre e suas propriedades funcionais. **Revista Científica da UFPB**, v. 15, n. 1, p. 45-52, 2023.

SROKA, P. et al. Influence of sugar concentration on mead fermentation. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 57, p. 51-56, 2007.

TAFERE, G. Honey: nutritional value, health benefits and its applications. **Food Science & Nutrition Research**, v. 3, p. 1-12, 2021.

TAFERE, T. A review on chemical composition and health benefits of honey. **Journal of Nutritional Health & Food Engineering**, v. 11, n. 1, p. 16–23, 2021.

TESORE, A. C. et al. Elaboração de hidromel artesanal: aspectos tecnológicos e microbiológicos. **Ciência e Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 58-68, 2022.

TESORE, F. et al. Application of native yeasts in mead production: technological and aromatic potential. **Fermentation**, Basel, v. 8, n. 12, p. 683, 2022.

TONOLI, F. C.; SOUZA, T. F.; PINTO NETO, R. Influência do teor alcoólico na leitura dos sólidos solúveis (brix) usando leitura refratométrica. 2011, Anais.. São Paulo: USP, 2011.

Disponível em:
<https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=3107&numeroEdicao=19> . Acesso em: 28 de Maio de 2025.

VENTURINI FILHO, W. G. Tecnologia de vinhos e bebidas fermentadas. São Paulo: **Blucher**, 2016.

VIDAL, D. Apicultura brasileira e o mercado de mel orgânico. **Revista Brasileira de Apicultura**, v. 28, n. 1, p. 20-30, 2023.

WALKER, G. M. Yeast physiology and biotechnology. 2. ed. Chichester: **Wiley-Blackwell**, 2018.

ZUCHELLO, V. A. et al. Produção de hidromel com frutas tropicais. **Revista Brasileira de Produtos Fermentados**, v. 4, p. 32-40, 2016.