

Qualidade do mel de abelha sem ferrão mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*) em condições diversas de armazenamento

Quality of stingless bee mandaçaia (Melipona quadrifasciata) honey under different storage conditions

Pedro Henrique Peterle Bernhardt *(ORCID 0000-0003-2955-0527), **Miguelangelo Ziegler Arboitte** (ORCID 0000-0002-9174-0017), **Maisa Benedete Duarte** (ORCID 0009-0001-0596-8403), **Amanda Fonseca de Melo** (ORCID 0000-0003-0594-0782), **Patrícia Castellen** (ORCID 0000-0003-4718-740X)

Instituto Federal Catarinense, Santa Rosa do Sul, SC, Brasil. *Autor para correspondência: pedrohpb16@gmail.com

Submissão: 16 de Setembro, 2024 | Aceite: 27 de Novembro, 2024

RESUMO

O avanço da comercialização do mel de abelhas nativas implica na necessidade do desenvolvimento de pesquisas aplicadas, para melhor conservação após sua colheita. Com isso, o objetivo do trabalho foi analisar a qualidade do mel de mandaçaia (*Melipona quadrifasciata quadrifasciata*) em diferentes condições de armazenamento. O delineamento experimental utilizado foi fatorial 2x3, sendo composto pelo fator A "luz" (com e sem) e o fator B "temperatura" (5 °C, 20 °C e 35 °C), onde uma amostra de 210 mL de mel foi colhida e submetida a análises de parâmetros físico-químico-biológicos (acidez livre, cinzas, coloração, hidroximetilfurfural (HMF), pH, umidade e contagem de UFC de bolores e leveduras). Em seguida, a amostra foi fracionada em outras seis subamostras, às quais foram submetidas aos tratamentos por 72 horas e em seguida, passaram pelas análises, gerando sete tratamentos ao todo. Testou-se a interação dos resultados entre os fatores a 5% de probabilidade, pela análise de variância ANOVA, quando não constatada interação, o fator luz e o fator temperatura foram separados e analisados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade e realizada análise de regressão. Os níveis de HMF observados foram próximos a zero em todos os tratamentos, teores de cinza e de umidade não interagiram entre os fatores, e teores de acidez livre, pH, coloração e número de UFC de bolores e leveduras apresentaram interação entre os fatores. Em todas as análises observou-se que a temperatura tem maior influência e significância na manutenção dos parâmetros do mel do que a luz, demonstrando que para maior estabilidade dos parâmetros dele, mesmo deve ser armazenado a 5 °C, independentemente da presença ou ausência de luz.

PALAVRAS-CHAVE: Abelhas Nativas. Conservação. Comercialização. Produtos. Validade.

ABSTRACT

The advancement in the commercialization of honey from native bees implies the need to develop applied research, for better conservation after its harvest. Therefore, the objective of the work was to analyze the quality of mandaçaia honey (*Melipona quadrifasciata*) under different storage conditions. The experimental design used was a 2x3 factorial, consisting of factor A "light" (with and without) and factor B "temperature" (5 °C, 20 °C and 35 °C), where a sample of 210 mL of honey was collected and subjected to analysis of physical-chemical-biological parameters (free acidity, ash, color, hydroxymethylfurfural (HMF), pH, humidity and CFU count of molds and yeasts). Then, the sample was divided into 6 other subsamples, which were subjected to treatments for 72 hours and then underwent analysis, generating seven treatments in total. The interaction of the results between the factors was tested at 5% probability, using the ANOVA analysis of variance, when no interaction was found, the light factor and the temperature factor were separated and analyzed by the Tukey test at 5% probability and an analysis of regression. The HMF levels observed were close to zero in all treatments, ash and moisture contents did not interact between the factors, and free acidity, pH, color and number of CFU of molds and yeasts showed an interaction between the factors. In all analyzes it was observed that temperature has greater influence and significance in maintaining honey

Publisher's Note: UDESC stays neutral concerning jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

parameters than light, demonstrating that for greater stability of honey parameters, it must be stored at 5 °C, regardless of the presence or absence of light.

KEYWORDS: Native Bees. Conservation. Commercialization. Products. Expiration Date.

INTRODUÇÃO

As abelhas sem ferrão mandaçaias (*Melipona quadrifasciata quadrifasciata*), encontradas naturalmente na região sul-brasileira (BRASIL 2021), mas que se encontram em estágio de extinção no ambiente (WITTER & BLOCHTEIN 2009) visitam espécies vegetais melitófilas oriundas da Mata Atlântica como as das famílias botânicas Myrtaceae, Fabaceae, Solanaceae e Rhamanaceae, exemplificadas em: *Plinia cauliflora*, *Inga fagifolia*, *Solanaceae nicotiana* e *Colubrina glandulosa*, respectivamente (RADAESKI et al. 2022). Pela variabilidade vegetal, o referido bioma apresenta condições que possibilitam a produção de mel de mandaçaia de excelente qualidade, com características singulares, muito valorizadas pelos consumidores, o que resulta em produto de alto valor agregado e que atende a um importante nicho de mercado dentro da meliponicultura (KARPINSKI 2016).

No entanto, para ser comercializado, o mel deve atender a uma série de parâmetros químicos (como pH, concentrações de acidez livre e Hidroximetilfurfural - HMF), físicos (como umidade e teor de cinzas) e biológicos (como unidades formadoras de colônias de bolores e/ou leveduras), os quais diversos fatores podem alterá-los, como por exemplo: mudanças edafoclimáticas (umidade relativa do ar, temperatura, entre outros), materiais de origem (néctar e pólen) e formas de colheita (GOMES et al. 2017). Além disso, o mel das abelhas nativas apresenta microbiota específica, que pode ser facilmente alterada pelo armazenamento do produto, gerando degradação dos parâmetros físico-químico-biológicos, que podem levar a altas perdas econômicas (MONTE et al. 2013). Por isso, os parâmetros de qualidade dos melões são estabelecidos e fiscalizados por órgãos municipais, estaduais ou federais competentes.

Os parâmetros do mel de uma espécie de mandaçaia (*Melipona mandacaia*) foram analisados por ALVES et al. (2005), observando valores médios de: umidade de 28,78%, com variação entre 23,14 e 32,50%; pH de 3,27, com variação de valores entre 3,16 e 3,54; acidez livre de 43,48, com valores entre 18,50 e 62,50; presença de HMF máximo de 23,14, com valor mínimo de 16,54; variação de coloração de branco a âmbar claro, demonstrando existência de alterações nos parâmetros físico-químicos apresentados por diferentes amostras de melões, mesmo sendo da mesma espécie. Já ALVES et al. (2011), nas análises de melões de outras espécies de abelhas nativas, observou que as unidades formadoras de colônias de bolores ou leveduras giraram em torno de $<1,0 \times 10^2$, demonstrando pequenas alteração nos valores encontrados.

Com essas possibilidades de variação nos parâmetros do mel, além do rigoroso controle de qualidade, também é necessário cuidados durante a colheita e, principalmente, na conservação dos melões no seu pós-colheita e comercialização, pois esses são os principais períodos de degradação dele. Para isso, o presente trabalho teve por objetivo analisar a qualidade do mel da abelha mandaçaia em diferentes condições de armazenamento, com variação de luz e temperatura, com o

intuito de observar de que maneira as alterações afetam a qualidade final do produto, através de análises físico-químico-biológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Catarinense – *Campus Santa Rosa do Sul*, situado nas coordenadas 29° 08' 15" Sul e 49° 42' 45" Oeste, com clima da região classificado conforme Köppen como Cfa, caracterizado como subtropical, com chuvas uniformes e bem distribuídas, sem estação seca e temperaturas médias que variam de 18 a 22 °C, encontrando-se inserido no bioma Mata Atlântica (WREGE et al. 2012) e o solo da região é classificado como Gleissolo (SILVA et al. 2018).

A avaliação da qualidade do mel da abelha da espécie mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*), foi por meio de delineamento experimental fatorial 2x3. Para isso, uma colônia de mandaçaia do plantel de 30 colônias do Instituto Federal Catarinense – *Campus Santa Rosa do Sul*, foi escolhida por meio de sorteio, doando amostras de mel, coletadas diretamente dos potes de mel maduros, caracterizados por serem potes de mel totalmente fechados (PEREIRA et al. 2012), com a utilização de agulhas e seringas estéreis de 50 ml. As agulhas foram utilizadas para abrir os potes e as seringas para coletar 210 ml de mel, que foi armazenando em pote estéril, mantido em caixa térmica, a fim de diminuir a probabilidade de alterações nas características das amostras até a aplicação dos tratamentos e das análises. Após a coleta, o material passou por testes em triplicata de pH, acidez livre, umidade, hidroximetilfurfural, cinzas, coloração e contagem de UFC de Bolores e Leveduras, seguindo metodologia adaptada descrita por EVANGELISTA-RODRIGUES et al. (2005), ALVES et al. (2005), ALVES et al. (2009) e LACERDA et al. (2010), visando observar se o mel estava dentro dos parâmetros instituídos por BRASIL (2000) e CIDASC (SANTA CATARINA 2020) para o consumo e ainda, gerar dados para posterior comparação, como mostra o Quadro 01:

Quadro 1. Parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira para meles de abelhas nativas.

Square 1. Parameters established by Brazilian legislation for native bee honey.

Análise Realizada	Parâmetro de Aprovação
Acidez Livre	100 mEq/kg
Cinzas	máximo 0,6 g/100 g
Coloração	Incolor a Pardo-Escuro
Contagem de UFC	1x10 ⁴ UFC/ml
Hidroximetilfurfural	máximo 40 mg/kg
pH	2,8 a 4,8
Umidade	máximo 40 g/100 g

Fonte: CIDASC (SANTA CATARINA 2020).

Determinação de acidez livre e pH com base em LACERDA et al. (2010):

Uma solução foi produzida nas proporções de 1:5 de mel e água destilada, com a utilização de 5 ml de mel e 25 ml de água destilada, a qual se mediu o pH, com a utilização de pHmetro. Em seguida, 2 gotas de fenolftaleína foram adicionadas a solução e a acidez livre foi medida por meio do método titulométrico de neutralização com NaOH 0,1 N e, em sequência, os dados obtidos foram aplicados na seguinte fórmula:

$$\text{Acidez livre} = (\text{mL de NaOH 0,1 N utilizados na bureta} - 0,1 \text{ ml H}_2\text{O}) \times 5$$

Determinação de Teor de Cinzas/Minerais com base em LACERDA et al. (2010):

Para o conteúdo mineral, 10g da amostra de mel foi pesado em um cadinho de porcelana, previamente tarado. A alíquota foi aquecida em bico de bunsen, até sua carbonização e, em seguida, foi levada para a mufla à 600 °C, onde permaneceu por cinco horas. Após esse período, a amostra permaneceu na mufla resfriando até atingir 200 °C, em seguida foi resfriada até temperatura ambiente em um dessecador e pesado em balança de precisão. O cálculo feito com os dados recolhidos, foi da seguinte fórmula:

$$\% \text{ de minerais} = (\text{diferença de peso do cadinho/peso da amostra}) \times 100$$

Determinação da Coloração com base em ALVES et al. (2005):

Para análise colorimétrica, se utilizou o método de Bianchi, que consistiu na medida da absorbância a 635 nm em espectrofotômetro de uma solução 50% (m/v) de mel em água destilada. Após a diluição, a solução foi deixada em repouso por 15 min antes da determinação da absorbância, enquanto o equipamento foi calibrado com água destilada. Os valores encontrados foram utilizados para classificação na escala de Pfund.

Contagem de UFC de Bolores/Leveduras com base em ALVES et al. (2009):

A análise biológica do mel foi realizada através de uma alíquota de 1 ml do mesmo, que foi diluída, inoculada e cultivada, seguindo o protocolo adaptado de ALVES et al. (2009). As adaptações consistem em: O mel foi diluído em proporção de 1:9 de mel e água peptonada tamponada 0,1%, totalizando duas diluições (10^{-1} e 10^{-2}). A amostra diluída em 10^{-2} de mel "*in natura*" foi plaqueada em triplicata em meio batata-dextrose-ágar (BDA), e incubada por 5 dias em estufa bacteriológica a 25 °C, com três placas sem inoculação, para controle negativo do meio, totalizando seis placas. Após o cultivo, as placas foram analisadas, visando obter parâmetros quantitativos a partir da contagem de unidades formadoras de colônias de bolores e/ou leveduras. Os valores obtidos foram aplicados na fórmula:

$$\text{UFC/ ml de mel} = n^{\circ} \text{ de UFC contados} \times 100$$

Determinação de Concentração de Hidroximetilfurfural (HMF) com base em EVANGELISTA-RODRIGUES et al. (2005):

Para a análise de Hidroximetilfurfural, 5g de mel foram pesados em béquer identificado. Posteriormente, 25mL de água destilada foram adicionados e transferidos para um balão de 50mL. Em seguida, adicionou-se 0,5 mL da solução de Carrez 1 {15g de $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$ em 100mL de H_2O destilada} e 0,5 ml da solução de Carrez 2 {30g de $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ em 100 ml de água destilada), completando, ao final, o volume com água destilada. A amostra foi filtrada com papel de filtro e se pipetou 5mL do filtrado em dois tubos de ensaio, adicionando, no primeiro, 5mL de água destilada e, no segundo, 5mL de uma solução de Bissulfito de Sódio (0,2 g de $NaHSO_3$ em 100 ml de água destilada) como referência. A absorbância da amostra foi medida utilizando um espectrofotômetro, nos comprimentos de onda de 284 e 336nm. Para o cálculo da quantidade de HMF, foi utilizado a seguinte fórmula:

$$\text{mg HMF de mel} = (A_{284} - A_{336}) \times 14,97 \times 5 / \text{peso da amostra}$$

sendo: $F = 14,97 = (126/16,830) \times (1000/10) \times (100/5)$, onde: 126 = Peso molecular do HMF; 16,830 = Absortividade molecular do HMF a 284nm; 1000 = mg/g; 10 = centilitros/L; 100 = porcentagem de HMF; 5 = peso teórico da amostra.

Determinação de Teor de Umidade com base em LACERDA et al. (2010):

Para determinação de umidade, 5 ml de mel foram dispostos em refratômetro de bancada com leitura de graus brix. O valor obtido foi anotado e com o uso da fórmula abaixo a quantidade de umidade foi encontrada:

$$\% \text{ de umidade} = 100 - \text{graus brix encontrados}$$

Em seguida às análises físico-químico-biológicas iniciais, seis subamostras do mel foram separadas com seringas estéreis de 50 ml a partir da amostra inicial, cada uma com 30 ml de mel e foram submetidas aos tratamentos: com presença de luz e sem presença de luz, e nas temperaturas de 5 °C, 20 °C e 35 °C, por 72 horas. As subamostras foram mantidas em estufas BODs (temperaturas de 5 °C, 20 °C e 35 °C), enquanto receberam a luminosidade do equipamento (com luz) ou ficaram contidas dentro de pacotes de papel Craft, que inibiu a luz, sem alteração de temperatura (sem luz).

Após o período de submissão das subamostras aos tratamentos, essas foram submetidas novamente às análises físico-químico-biológicas de pH, acidez livre, hidroximetilfurfural, umidade, cinzas, coloração e contagem de UFC de bolores e/ou leveduras. Os resultados obtidos foram confrontados em análise estatística fatorial 2x3, onde o primeiro é o fator luz (nos tratamentos com luz ou sem luz) e o segundo fator é a temperatura (nos tratamentos 5°C, 20°C e 35°C). Em caso de não observar interação, os tratamentos “luz” e “temperatura” foram separados e analisados pelo teste de Tukey a 5%. Foi aplicado teste de regressão quando a análise de variância foi significativa a nível de 5%, aceitando a curva com maior coeficiente de determinação R².

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises químicas de acidez livre, apresentaram diferença significativa ($p < 0,0001$), com valores no intervalo de 16,083 até 22,483 mEq/kg (Figura 1).

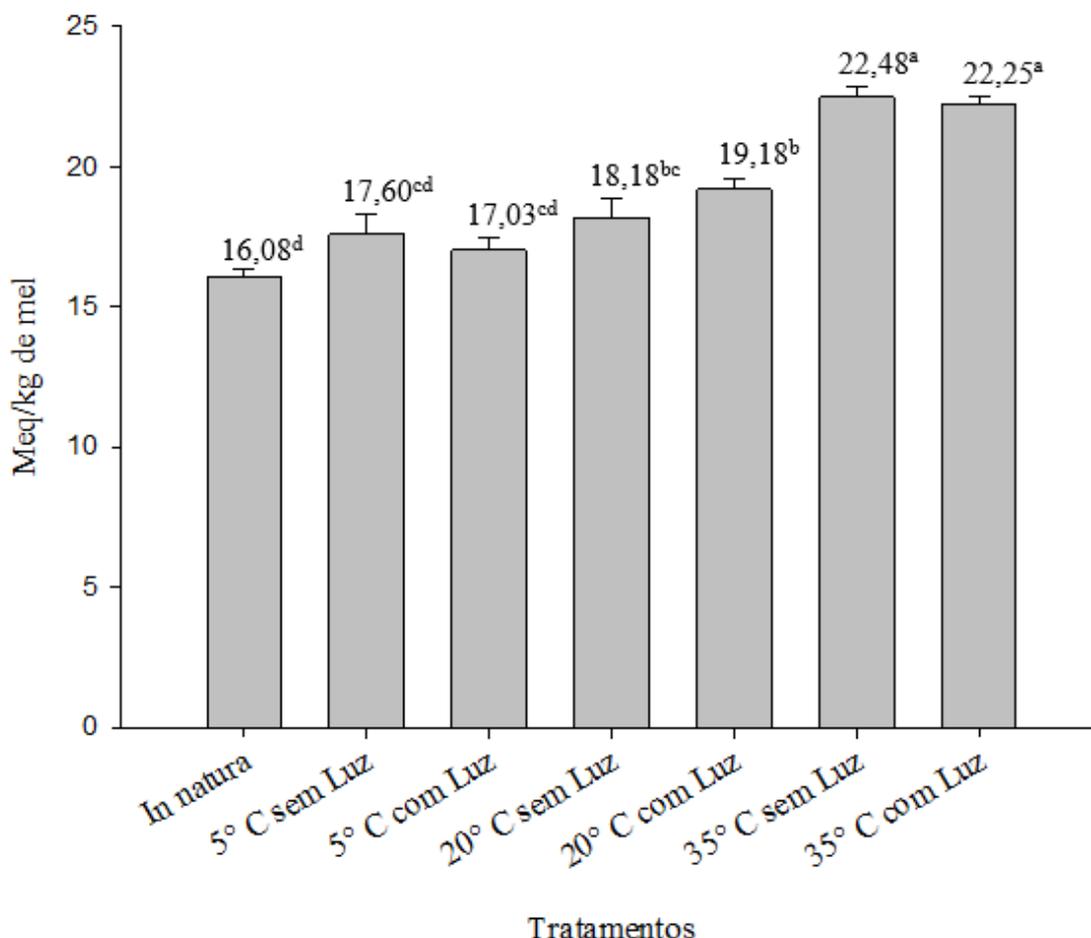
O mel “*in natura*” foi o que apresentou menor valor de acidez livre 16,08 mEq/kg. O aumento na temperatura foi o fator que influenciou a acidez livre, aumentando 0,1069 mEq/kg gradativamente à medida que a temperatura foi subindo um grau centígrado conforme a equação:

$$\text{Acidez livre mEq/kg} = 16,098 + (0,1069 * T^{\circ}\text{C}) + ((0,1224 * (T^{\circ}\text{C})^2));$$

$$(P < 0,0001; R^2 = 0,9092)$$

A influência da luminosidade na acidez livre, não foi significativa ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey, demonstrando que a luminosidade que atravessa o pote utilizado na comercialização do mel, não irá influenciar no aumento da acidez livre.

Os valores observados são inferiores quando comparado aos observados por BILUCA et al. (2013) em meles de abelhas mandaçaia de diferentes regiões de Santa Catarina, em que a acidez livre apresentou variação de 36,45 a 74,77 mEq/kg. De acordo com as legislações que regulamentam parâmetros de qualidade do mel, a quantidade máxima de acidez livre permitida é 100 mEq/kg de mel (SANTA CATARINA 2020), portanto, todos os tratamentos estiveram dentro do limite permitido, podendo o mel ser comercializado pelo parâmetro acidez livre sem a utilização de refrigeração.



Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%

Figura 1. Médias e Desvio Padrão de Acidez Livre mEq/kg de mel.

Figure 1. Means and Standard Deviation of Free Acidity mEq/kg of honey.

Segundo FINCO et al. (2010), a acidez livre pode ser gerada por fatores anteriores à colheita de mel, como tipo de néctar ou enzimas digestivas das próprias abelhas, ou posteriores a colheita, como a microbiota presente no alimento durante a sua maturação. Com o aumento das temperaturas durante o armazenamento do mel, possibilitou o aumento da acidez livre no presente estudo, e ALVES et al. (2009) relatam que a temperatura possibilita mudanças na microbiota presente no mel, promovendo a degradação dos açúcares e outros compostos presentes no alimento, liberando íons H^+ , provocando o aumento da acidez livre do meio.

Durante a análise dos teores de cinzas, um dos valores observados do tratamento de 35 °C com luz foi removido da análise estatística, por se apresentar fora da curva de normalidade, resultando na Tabela 1, que apresenta a análise de médias e de variância dos teores de cinzas/minerais das amostras de mel:

Não houve interação entre os fatores “luz” e “temperatura”, ($p > 0,05$) portanto, os teores de cinza no mel de abelhas mandaçaia serão discutidos de maneira separada.

Os valores observados quanto ao teor de cinza do mel de abelhas mandaçaia é observado significância ($p = 0,0027$) quando o mel passou pelo tratamento térmico de 35°C, quando comparados aos tratamentos de 5 °C e 20 °C, porém a temperatura mais alta não diferiu ($p > 0,05$) em relação ao mel “*in natura*”, colhido e analisado instantaneamente.

Tabela 1. Médias (g, 100 g⁻¹), erro padrão, desvio padrão e coeficiente de variação dos teores de Cinzas em relação aos tratamentos térmicos.

Table 1. Means (g, 100 g⁻¹), standard error, standard deviation and coefficient of variation of Ash content in relation to heat treatments.

Análises	Tratamentos			
	"in natura"	5°C	20 °C	35°C
Média, g/100 g	0,16 ^{ab}	0,14 ^b	0,15 ^b	0,18 ^a
Erro Pad.	0,01	0,01	0,01	0,01
Dsv. Pad.	0,01	0,02	0,01	0,01
Coef. Var., %	6,00	12,00	7,00	5,00

Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%

Uma hipótese que pode justificar esse fato, já que existem poucos estudos que trazem esse tema, é que as temperaturas em questão, junto com outros fatores presentes no mel, podem acarretar a formação de quelados solúveis, ou seja, ligação entre minerais e componentes orgânicos formando moléculas (OLIVEIRA 2018), que durante o processo de queima em mufla, podem ter removido esses minerais da análise.

Os valores observados quanto ao teor de cinza do mel de abelhas mandaçaia não foi alterado pela presença de luz ($p > 0,05$), apresentando valor médio de 0,15 g/100 g (Tabela 2).

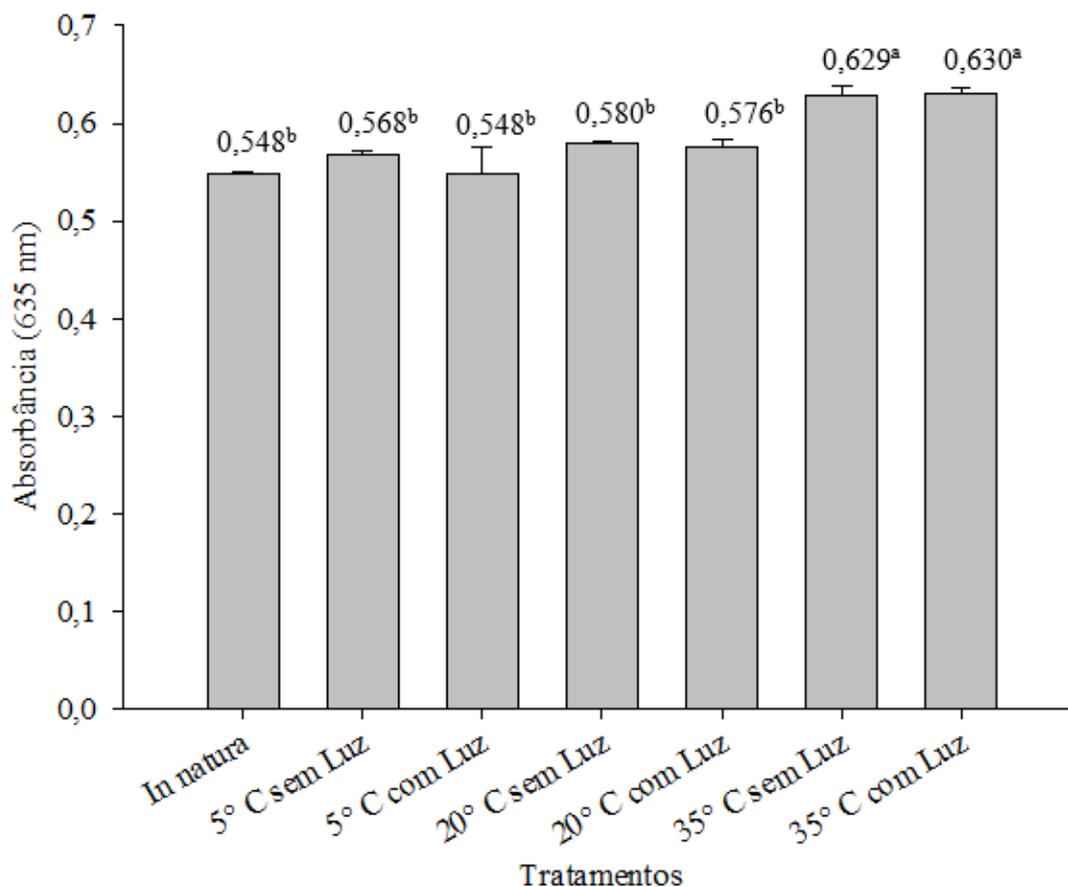
Tabela 2. Médias (g, 100 g⁻¹), erro padrão, desvio padrão e coeficiente de variação dos teores de Cinzas em relação ao tratamento luminosidade.

Table 2. Means (g/100 g⁻¹), standard error, standard deviation and coefficient of variation of Ash content in relation to luminosity treatment.

Análises	Tratamentos		
	"in natura"	Sem Luz	Com Luz
Média, g/100 g	0,16	0,15	0,15
Erro Pad.	0,01	0,01	0,01
Dsv. Pad.	0,01	0,01	0,02
Coef. Var., %	5,64	9,03	15,11

Os testes de coloração das amostras de mel (Figura 2), quando analisadas em espectrofotômetro demonstraram absorvâncias entre 0,548 até 0,630 L mol⁻¹ cm⁻¹, ao converter os valores da absorvância utilizando a escala PFUND para determinação da cor do mel (VIDAL & FREGOSI 1984), a coloração do mel de todas as amostras foi classificada como âmbar, classe que apresenta absorvância de 0,410 até 0,945 L mol⁻¹ cm⁻¹.

Foi observado diferença significativa ($p < 0,0001$) entre os tratamentos em que a temperatura foi de 35 °C, em comparação aos demais tratamentos que apresentaram semelhança ($p > 0,05$) apesar da diferença estatística quando aplicado temperatura de 35 °C, não alterou a sua classificação quanto a cor, sendo que a luminosidade não afetou este parâmetro.



Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%

Figura 2. Médias e Desvio Padrão de Absorbância a 635 nm do mel.

Figure 2. Means and Standard Deviation of Absorbance at 635 nm of honey.

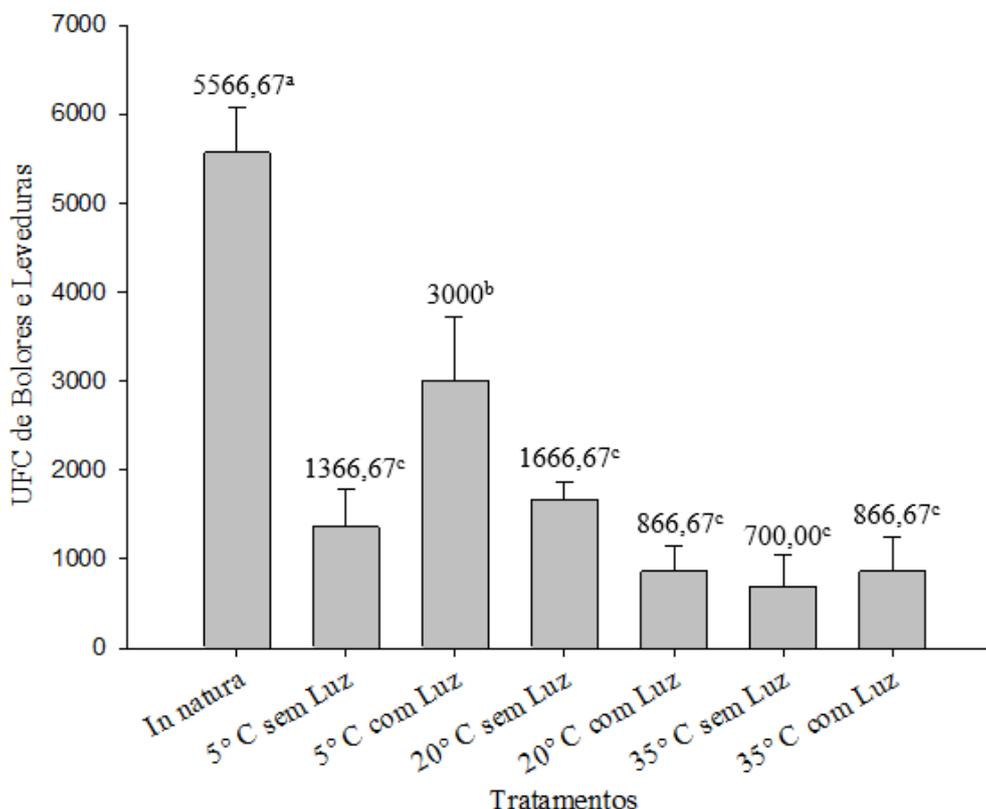
Aplicando a curva de regressão, essa apresentou melhor ajuste quadrático, onde, $cor=0,5544-(0,0047T^0) + (0,0024T^{02})$ ($P=0,0001$; $R^2=0,8597$). O aumento da temperatura pode gerar escurecimento do mel, conforme MENDES et al. (2009), através de mudanças estruturais em componentes do mesmo, como açúcares e proteínas, por meio do processo de caramelização dessas substâncias (SANTOS et al. 2018), assim, embora a mudança de cor não tenha sido acentuada, houve aumento da absorbância das amostras dos tratamentos com maiores temperaturas, demonstrando leve escurecimento do mel.

As análises biológicas, referentes a contagem de UFC de bolores e leveduras por ml de mel está representada na Figura 3.

O tratamento de mel "*in natura*" apresentou maior quantidades de UFC.ml⁻¹ ($P<0,001$) em relação aos demais tratamentos. Houve uma diminuição acentuada no número de colônias no tratamento 5 °C sem a presença de luz, que refletiu nos demais tratamentos ($p>0,05$), excetuando-se o tratamento 5 °C com luz, onde o número de UFC.ml⁻¹ foi superior aos tratamentos 20 °C sem luz, 20 °C com Luz, 35 °C sem Luz e 35 °C com Luz.

Com isso, constata-se que mudanças na forma de armazenamento do mel, após a colheita, diminuem as populações de bolores e leveduras, estabelecendo relação inversamente proporcional entre quantidade de UFC de bolores e leveduras por ml de mel e temperatura de armazenamento, evidenciando que, essas populações não são

as responsáveis diretas pela degradação do mel, e sim responsáveis pela conservação do mel, dentro da colônia, merecendo estudos de identificação das espécies de leveduras do mel in natura para melhorar a qualidade do mel de abelhas mandaçaia.



Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%

Figura 3. Médias e Desvio Padrão de UFC de Bolors e Leveduras do mel.

Figure 3. Means and Standard Deviation of CFU of Honey Molds and Yeasts.

A análise de regressão que melhor representou o estudo foi em que a temperatura foi elevada a potência $-0,947$, gerando a equação $UFC.ml^{-1} = 4861,1*(T^{\circ}C)-0,947$ ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,8131$)

O meio de cultura utilizado conhecido como Batata Dextrose Ágar (BDA), tem a capacidade de selecionar os bolors e leveduras presentes no mel, portanto, estudos com outros meios de cultura deverão ser realizados, visando observar se existe o aumento de UFC de outros microrganismos, que podem ser relacionados com a alteração de parâmetros do mel.

Com base nas análises realizadas e a comparação dos parâmetros obtidos do mel "in natura" e do mel armazenado em diferentes condições, constatou-se que os níveis de HMF estiveram dentro da normalidade (SANTA CATARINA 2020) em todos os casos, apresentando concentrações próximas a zero, como observado por BILUCA et al. (2013), esses autores consideram que valores não significativos de HMF são condições preponderantes de adequadamente manipulados e armazenados.

Segundo FINCO et al. (2010), a produção de HMF está diretamente relacionada a decomposição da frutose, um dos açúcares que compõem o mel, em meios que apresentam elevadas temperaturas, por períodos de tempo.

Com a variabilidade florística da região, o mel utilizado pode ter contido menores teores de frutose e maiores teores de outros açúcares encontrados comumente nos néctares das plantas, como sacarose e glicose (RECH et al. 2014).

Observa-se pequenas alterações nos teores de pH (Tabela 3), situando esses dentro do parâmetro de 2,8 a 4,8 permitido pela legislação, caracterizando os meles como naturalmente ácidos, porém o tratamento em que o mel foi submetido a 35 °C com a presença de luz reduziu o pH significativamente ($p < 0,05$) em relação aos demais tratamentos, assim como o tratamento 35 °C sem a presença de luz que se assemelhou ao valor observado no tratamento "in natura".

A análise descritiva de médias das análises de pH está descrita na Tabela 3:

Tabela 3. Análise das Médias de pH.

Table 3. Analysis of pH Means.

Análises	Tratamentos						
	"in natura"	5 °C s/ luz	5 °C c/ luz	20 °C s/ luz	20 °C c/ luz	35 °C s/ luz	35 °C c/ luz
Média	3,61 ^{ab}	3,64 ^a	3,62 ^a	3,60 ^{ab}	3,61 ^a	3,56 ^b	3,54 ^c
Erro Pad.	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Dsv. Pad.	0,02	0,023	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04
Coef. Var.	0,42	0,69	0,28	0,28	0,58	0,43	1,14

Letras iguais não diferem pelo teste de tukey a 5%.

No interior da colônia de abelhas mandaçaia, conforme SILVA (2019), apresentam temperatura variando entre 24 °C à 29,5 °C, e sem a presença de luminosidade, condição essa que pode explicar as semelhanças entre os tratamentos com temperaturas entre 20 °C e 35 °C sem a presença de luz.

Valores de pH de 3,9 a 4,29 no mel de abelhas mandaçaia são relatados por BILUCA et al. (2013), valores esses acima dos observados no presente estudo que apresentaram variação de 3,54 a 3,64.

A temperatura (Tabela 4) e a luminosidade (Tabela 5) não influenciaram ($p > 0,05$) a umidade do mel de abelhas mandaçaia, apresentando valor médio de 36,64%, dentro dos parâmetros aceitáveis para meles de abelhas nativas conforme a CIDASC, podem chegar até 40% (SANTA CATARINA 2020).

Tabela 4. Médias, erro padrão, desvio padrão e coeficiente de variação de Umidade do mel de mandaçaia, em relação a Temperatura.

Table 4. Means, standard error, standard deviation and coefficient of variation of Mandaçaia honey Moisture, in relation to Temperature.

Análises	Tratamentos			
	"in natura"	5°C	20 °C	35°C
Média, %	36,63	36,72	36,65	36,58
Erro Pad.	0,15	0,24	0,15	0,05
Dsv. Pad.	0,25	0,58	0,36	0,12
Coef. Var., %	1,57	0,97	0,32	0,68

Tabela 5. Médias, erro padrão, desvio padrão e coeficiente de variação de Umidade do mel de mandaçaia, em relação a Luz.

Table 5. Means, standard error, standard deviation and coefficient of variation of Mandaçaia honey Moisture, in relation to Light.

Análises	Tratamentos		
	" <i>in natura</i> "	Sem Luz	Com Luz
Média, %	36,63	36,66	36,64
Erro Pad.	0,15	0,15	0,10
Dsv. Pad.	0,25	0,45	0,31
Coef. Var., %	0,69	1,24	0,85

O conteúdo de água no mel em todos os tratamentos esteve próximo ao limite máximo permitido pela legislação. A água presente no mel pode se dar através de diferentes fatores, como origem do néctar, clima (FINCO et al. 2010), entretanto, as diferentes atuações dos fatores ambientais de armazenamento não conseguiram alterar os teores de água do mel analisado. A quantidade de água no mel das abelhas nativas, conforme ALVES et al. (2005) é um dos fatores que mais interferem na conservação desse produto. BILUCA et al. (2013) observaram que os valores de 30,72% de umidade no mel silvestre de abelhas mandaçaia coletados em diferentes regiões de Santa Catarina.

CONCLUSÃO

A temperatura foi o fator de maior influência na manutenção dos parâmetros do mel, assim sendo, o mel de abelha mandaçaia deve ser armazenado sob refrigeração, próximo a 5 °C, independentemente de presença ou ausência de luz para melhor estabilidade dos parâmetros da cor, pH, umidade, acidez livre, cinzas e UFC de bolores e leveduras.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Conceitualização, metodologia e análise formal, Pedro Henrique Peterle Bernhardt (ORCID 0000-0003-2955-0527), Miguelangelo Ziegler Arboitte (ORCID 0000-0002-9174-0017), Patrícia Castellen (ORCID 0000-0003-4718-740X); software e validação, Pedro Henrique Peterle Bernhardt (ORCID 0000-0003-2955-0527), Miguelangelo Ziegler Arboitte (ORCID 0000-0002-9174-0017), Patrícia Castellen (ORCID 0000-0003-4718-740X); investigação, Pedro Henrique Peterle Bernhardt (ORCID 0000-0003-2955-0527), Maisa Benedete Duarte (ORCID 0009-0001-0596-8403), Amanda Fonseca de Melo (ORCID 0000-0003-0594-0782); recursos e curadoria de dados, Pedro Henrique Peterle Bernhardt (ORCID 0000-0003-2955-0527), Miguelangelo Ziegler Arboitte (ORCID 0000-0002-9174-0017); redação - preparação do rascunho original, Pedro Henrique Peterle Bernhardt (ORCID 0000-0003-2955-0527); redação - revisão e edição, Pedro Henrique Peterle Bernhardt (ORCID 0000-0003-2955-0527); visualização, Pedro Henrique Peterle Bernhardt (ORCID 0000-0003-2955-0527); supervisão, Miguelangelo Ziegler Arboitte (ORCID 0000-0002-9174-0017), Patrícia Castellen (ORCID 0000-0003-4718-740X); administração do projeto, Pedro Henrique Peterle Bernhardt (ORCID 0000-0003-2955-0527), Miguelangelo Ziegler Arboitte

(ORCID 0000-0002-9174-0017), Patrícia Castellen (ORCID 0000-0003-4718-740X). Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

FINANCIAMENTO

Este trabalho não foi financiado por nenhuma instituição.

DECLARAÇÃO DO CONSELHO DE REVISÃO INSTITUCIONAL

Não aplicável porque este estudo não envolveu humanos ou animais do filo chordata.

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Não aplicável porque este estudo não envolveu humanos.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados podem ser disponibilizados mediante solicitação.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo Instituto Federal Catarinense – campus Santa Rosa do Sul, que disponibilizou infraestrutura e materiais para realização da pesquisa.

CONFLITOS DE INTERESSE

Neste trabalho não há conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- ALVES EM et al. 2009. Presença de coliformes, bolores e leveduras em amostras de mel orgânico de abelhas africanizadas das ilhas do alto rio Paraná. *Ciência Rural* 39: 2222–2224.
- ALVES RMO et al. 2005. Características físico-químicas de amostras de mel de *Melipona mandacaia* Smith (Hymenoptera: Apidae). *Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos de Campinas* 25: 644-650.
- ALVES TT et al. 2011. Caracterização Físico-Química e Avaliação Microbiológica de Méis de Abelhas Nativas do Nordeste Brasileiro. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 6: 91–97.
- BILUCA FC et al. 2013. Atividade Antioxidante, Compostos Bioativos e Características Físico-Químicas de Méis de Abelha Mandaçaia (*Melipona Quadrifaciata*) Coletados em Diferentes Municípios do Estado de Santa Catarina. In: VIII Simpósio de Alimentos. Passo Fundo: UPF. p.6
- BRASIL. 2000. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 11, de 20 de outubro de 2000, Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/defesa-agropecuaria/copy_of_suasa/regulamentos-tecnicos-de-identidade-e-qualidade-de-produtos-de-origem-animal-1/IN11de2000.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2024.
- BRASIL. 2021. Portaria nº 2.865, de 5 de novembro de 2021. Dispões sobre Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Brasília: Diário Oficial da União, 2020.

- Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/acesso-a-informacao/legislacao/portarias/portarias-2021/Portaria_665_de_03_de_novembro.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2024.
- EVANGELISTA-RODRIGUES A et al. 2005. Análise físico-química dos méis das abelhas *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* produzidos em regiões distintas no Estado da Paraíba. *Ciência Rural* 35: 1166-1171.
- FINCO FDBA et al. 2010. Propriedades físicas e químicas do mel de *Apis mellifera* L. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 30: 706-712.
- GOMES VV et al. 2017. Avaliação da Qualidade do Mel Comercializado no Oeste do Pará, Brasil. *Revista Virtual de Química* 9: 815–826.
- KARPINSKI B. 2016. Mel de abelhas nativas tem alto valor agregado. *Correio do Povo*. Disponível em: <<https://abelha.org.br/mel-de-abelhas-nativas-tem-alto-valor-agregado/#:~:text=O%20mel%20oriundo%20dessas%20esp%C3%A9cies,tradicion al%20de%20abelhas%20com%20ferr%C3%A3o>>. Acesso em: 09 mai. 2024.
- LACERDA JJJ et al. 2010. Influência das características físico-químicas e composição elementar nas cores de méis produzidos por *Apis mellifera* no sudoeste da Bahia utilizando análise multivariada. *Química Nova* 33: 1022-1026.
- MONTE AM et al. 2013. Qualidade de méis de abelhas nativas sem ferrão do estado do Piauí, Brasil. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária* 35: 48-54.
- OLIVEIRA SS. 2018. Estratégias Analíticas Para Avaliação do Perfil Mineral e Estimativa da Bioacessibilidade de Elementos Essenciais e Potencialmente Tóxicos em Amostras de Mel. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Salvador: UFBA. 93p.
- PEREIRA FM et al. 2012. Manejo de colônias de abelhas-sem-ferrão. 1º ed. Teresina – PI: Embrapa.
- RADAESKI JN et al. 2022. Análise polínica de mel de abelha mandaçaia (*Melipona quadrifasciata quadrifasciata* Lepeletier) no Rio Grande do Sul, Brasil: monitoramento anual em duas localidades. *Acta Biológica Catarinense* 9: 89-111.
- RECH AR et al. 2014. *Biologia da Polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 532p.
- SANTA CATARINA. 2020. Portaria SAR nº 37/2020, de 04 de novembro de 2020. Dispõe sobre comercialização do mel de abelhas indígenas no estado. Florianópolis, SC: CIDASC, 2020. Disponível em: <<http://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2020/11/Portaria-SAR-n%C2%BA-37-Mel-de-Abelha-sem-Ferr%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 09 mai. 2024.
- SANTOS SEM et al. 2018. Caracterização do mel do Médio Jequitinhonha - Brasil: uma abordagem preliminar. *Agrarian Sciences Journal* 10: 45-51.
- SILVA CP. 2019. Influência da temperatura e umidade sobre as atividades de voo e sobrevivência de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente). Araras: UFSCar 54p.
- SILVA J et al. 2018. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de Santa Catarina. Santa Catarina.
- VIDAL R & FREGOSI EV. 1984. *Mel: Características, análises físico-químicas, adulterações e transformações*. Barretos: Instituto Tecnológico Científico Roberto Rios.

- WITTER S & BLOCHTEIN B. 2009. Espécies de abelhas sem ferrão de ocorrência no Rio Grande do Sul. Centro Ecológico: Ipê-Serra, Litoral Norte. 34p.
- WREGE MS et al. 2012. Atlas Climático da Região Sul do Brasil. 2° ed. Brasília – DF: Embrapa. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1045852/atlas-climatico-da-regiao-sul-do-brasil-estados-do-parana-santa-catarina-e-rio-grande-do-sul>>. Acesso em: 09 mai. 2024.