

SUBMETIDO 04/08/2025

APROVADO 01/12/2025

PUBLICADO ON-LINE 21/01/2026

VERSÃO FINAL DIAGRAMADA 20/08/2026

EDITORA ASSOCIADA

Profa. Dra. Dalany Menezes Oliveira



<https://doi.org/10.18265/2447-9187a2026id9153>

ARTIGO ORIGINAL

Efeito do tipo de agitador e da pasteurização sobre a qualidade de mel cremoso como alternativa de agregação de valor ao mel de rápida cristalização

Daiane Aparecida Freitas Vieira ^[1] *

Luísa Alves Costa ^[2]

Jadson Martins Conrado ^[3]

Jessica Leila Fialho Carmo ^[4]

Helder Canto Resende ^[5]

Vanelle Maria da Silva ^[6]

[1] daiane.a.vieira@ufv.br

[2] luisa.a.costa@ufv.br

[3] jadson.conrado@ufv.br

[4] jessica.leila@ufv.br

[5] helder.resende@ufv.br

[6] vanelle.silva@ufv.br

Universidade Federal de
Viçosa – Campus Florestal (UFV),
Florestal, Minas Gerais, Brasil

* Autor para correspondência.

RESUMO: O mel cremoso é obtido por cristalização controlada do mel líquido, resultando em cristais pequenos e uniformes, boa espalhabilidade e textura cremosa. Pode ser consumido com frutas, queijos, pães, panquecas e torradas. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade do mel cremoso produzido em batedeira planetária utilizando agitadores âncora (A) e helicoidal (H), a partir do método Dyce com pasteurização (CP) e sem pasteurização (SP), como alternativa para agregar valor ao mel cristalizado. As análises físico-químicas – atividade diastásica, pH, atividade de água (a_w), cor, reação de Lugol, acidez livre, lactônica e total, e teores de água, açúcares redutores, açúcares totais, sacarose aparente, sólidos insolúveis e hidroximetilfurfural (HMF) – foram realizadas conforme o Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), e a frequência do tipo de pólen foi determinada e classificada de acordo com Louveaux, Maurizio e Vorwohl (1978). Foram realizadas as análises reológicas de curva de escoamento, tixotropia e viscosidade aparente. As relações frutose/glicose (1,08) e glicose/água (1,86) indicaram um mel de rápida cristalização, associado às floradas eucalipto, asteráceas, café arábica e *Mabea fistulifera*. A qualidade físico-química dos méis cremosos não é afetada, de maneira geral, pelo agitador e pela pasteurização, pois todos atenderam à legislação (Brasil, 2000; CAC, 2022). Os reogramas são típicos de fluidos pseudoplásticos, seguindo o modelo da lei da potência ($R^2 > 0,99$ e $RMSE < 22,71$). A amostra CPA apresentou maior índice de consistência ($531,01 \pm 18,81$ Pa), enquanto a amostra SPA apresentou menor valor ($118,569 \pm 5,92$ Pa). A maior área de tixotropia foi em SPH (5.647 Pa/s) e a menor, em CPH (373 Pa/s). Ao analisar a influência da pasteurização na viscosidade do mel, observa-se que as amostras CPA e CPH diferem significativamente ($P < 0,05$) das amostras SPA e SPH, que apresentaram os maiores valores de viscosidade aparente. O mel cremoso CPH apresentou ($P < 0,05$) maior aceitação e intenção de compra que os demais, e o mel cristalizado apresentou menor aceitação e intenção de compra. Os resultados indicam que a produção artesanal de mel cremoso com pasteurização e agitador helicoidal apresenta viabilidade técnica, sendo uma alternativa eficaz para agregar valor ao mel cristalizado e aumentar a rentabilidade dos apicultores.

Palavras-chave: análise físico-química; análise sensorial; mel cremoso; reologia.

Effect of the stirrer and pasteurization on the quality of creamy honey as an alternative for adding value to rapidly crystallizing honey

ABSTRACT: Creamed honey is obtained through controlled crystallization of liquid honey, resulting in small and uniform crystals, high spreadability, and a creamy texture. It can be consumed with fruits, cheeses, breads, pancakes, and toast. The aim of this study was to evaluate the quality of creamed honey produced using a planetary mixer equipped with anchor (A) and helical (H) agitators, following the Dyce method with (CP) and without pasteurization (SP), as an alternative to add value to crystallized honey. Physicochemical analyses – diastase activity, pH, water activity (a_w), color, Lugol's reaction, free, lactonic and total acidity, and contents of moisture, reducing sugars, total sugars, apparent sucrose, insoluble solids, and hydroxymethylfurfural (HMF) – were carried out according to Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), and pollen frequency was determined and classified according to Louveaux, Maurizio, and Vorwohl (1978). Rheological analyses included flow curve, thixotropy, and apparent viscosity. The fructose/glucose (1.08) and glucose/water (1.86) ratios indicated rapid crystallization, associated with the floral sources eucalyptus, Asteraceae, arabica coffee, and Mabea fistulifera. The physicochemical quality of the creamed honeys was generally not affected by the type of agitator or pasteurization, as all samples met the regulatory standards (Brasil, 2000; CAC, 2022). The flow curves were typical of pseudoplastic fluids, fitting the power law model ($R^2 > 0.99$ and $RMSE < 22.71$). The CPA sample showed the highest consistency index (531.01 ± 18.81 Pa), while SPA showed the lowest (118.569 ± 5.92 Pa). The highest thixotropy area was observed in SPH (5,647 Pa/s), and the lowest in CPH (373 Pa/s). When analyzing the influence of pasteurization on honey viscosity, it was observed that the CPA and CPH samples differed significantly ($P < 0.05$) from the SPA and SPH samples, which exhibited the highest apparent viscosity values. The CPH creamed honey sample showed significantly higher ($P < 0.05$) consumer acceptance and purchase intent compared to the others, while the crystallized honey sample had the lowest scores. The results indicate that the small-scale creamed honey processing using pasteurization and a helical agitator is technically viable, representing an effective alternative to add value to crystallized honey and increase beekeepers' profitability.

Keywords: creamed honey; physicochemical analysis; rheology; sensory analysis.

1 Introdução

O mel é um líquido viscoso e doce, cujas características dependem de fatores como a fonte de néctar floral, o clima e as condições de processamento (Bhandari; D'Arcy; Kelly, 1999; Escobar; Xavier, 2013). Ele possui alto valor nutritivo e é comumente usado para fins medicinais (Oliveira, 2017). No entanto, o consumo anual de mel no Brasil ainda é baixo, sendo de apenas 60 g *per capita*, enquanto a média mundial é 240 g *per capita* (Cavalcante, 2021; FAEB, 2022).

Após a colheita, o mel passa por modificações físico-químicas (Araújo; Silva; Sousa, 2006) e, dependendo da composição, pode apresentar alta tendência a cristalizar, como os méis de canudo-de-pito, marmeleiro e eucalipto (Cani, 1998). A cristalização do

mel é um dos principais problemas encontrados pelos produtores, pois o mel cristalizado não é bem aceito pelos consumidores, sendo associado a fraudes e à baixa qualidade (Piana *et al.*, 2023).

Por outro lado, o mel cremoso é produzido pela cristalização controlada do mel líquido, que resulta em cristais pequenos e uniformes. Esse produto apresenta boa espalhabilidade, textura lisa e cremosa, isenta da percepção de cristais, e é consumido com frutas, queijos e aplicado em pães, panquecas e torradas (Suriwong, 2021). Desse modo, constitui uma alternativa para solucionar a rejeição do mel cristalizado e agregar valor ao mel.

No método convencional (Dyce, 1975), a pasteurização é aplicada para dissolver os cristais presentes no mel e inativar leveduras osmófilas, mas isso pode acarretar prejuízos às propriedades nutricionais e características sensoriais do mel cremoso (Chaikhram; Prangthip, 2015; Fauzi; Farid; Silva, 2014). No entanto, existe indicação de produção de méis cremosos, sem a etapa de pasteurização, para méis cujo teor de umidade seja inferior a 18% (Gonnet, 1977), pois são menos susceptíveis ao desenvolvimento de leveduras (Dyce, 1975; Whute; Doner, 1980; Tappi *et al.*, 2019).

Quanto aos dispositivos utilizados para a agitação no processamento do mel cremoso, alguns autores descrevem o uso de agitação utilizando impulsores helicoidais (Tappi *et al.*, 2019; Tappi *et al.*, 2021), bem como agitadores manuais, helicoidais e de parafuso (Meixner *et al.*, 2023). A utilização de equipamentos de menor capacidade produtiva e também de menor custo é interessante para o processamento de mel cremoso em menor escala por apicultores de pequeno porte, que correspondem à maioria dos apicultores brasileiros (Vidal, 2021). Por isso, é relevante o estudo do uso de batedeira planetária na etapa de mistura e a compreensão da influência dos agitadores helicoidal e âncora que, usualmente, são fornecidos com o equipamento. Tais parâmetros operacionais não foram estudados previamente na literatura consultada, precisamente no que toca ao processamento utilizando batedeira planetária em méis de abelhas *Apis mellifera* brasileiros.

Esses parâmetros operacionais podem afetar o processo de cristalização controlada e alterar a qualidade final do produto, sobretudo nos aspectos reológicos. Por ser um fluido alimentício, o conhecimento das características reológicas do mel e de seus derivados é de interesse dos apicultores. O mel cremoso apresenta comportamento não newtoniano tixotrópico, ou seja, o comportamento do escoamento depende do tempo e é definido pelo modelo de Weltman (Karasu *et al.*, 2015), e suas propriedades de escoamento são características do modelo Herchel-Bulkley (Chen *et al.*, 2009). Nesse caso, o estudo do comportamento reológico é de suma importância para avaliação dos aspectos relacionados à textura e à viscosidade características do mel cremoso (Tappi *et al.*, 2021).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do agitador (helicoidal e âncora) e o efeito da pasteurização sobre a qualidade do mel cremoso produzido em batedeira planetária, bem como comparar a qualidade dos méis cremosos à do mel utilizado como matéria-prima, por meio de análises físico-químicas, aceitação sensorial, intenção de compra e análises reológicas.

Para alcançar os objetivos propostos, este estudo foi desenvolvido em diferentes etapas. A Seção 2 apresenta os materiais e métodos empregados. Inicialmente, o mel foi submetido ao processamento artesanal, utilizando-se uma batedeira planetária com diferentes tipos de agitadores (âncora e helicoidal), com ou sem pasteurização, conforme o método de Dyce, para a obtenção do mel cremoso. Em seguida, foram realizadas análises físico-químicas para avaliar os parâmetros de qualidade do mel cremoso

em comparação ao mel utilizado como matéria-prima. As análises reológicas foram conduzidas para caracterizar o comportamento de escoamento e a tixotropia dos produtos obtidos. Posteriormente, foi realizada uma avaliação sensorial com consumidores para verificar a aceitação e a intenção de compra das amostras. A Seção 3 apresenta e discute os resultados obtidos, evidenciando os efeitos dos diferentes tratamentos sobre a qualidade do mel cremoso e sua viabilidade como produto de valor agregado. Por fim, a Seção 4 reúne as conclusões do estudo, sintetizando os principais achados e suas implicações para a apicultura.

2 Método de pesquisa

O mel de abelhas *Apis mellifera* foi coletado no município de Espera Feliz-MG. Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, sob o número de parecer 5.928.860.

2.1 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 2, com três repetições (bateladas de processamento). Os fatores estatísticos foram o tipo de agitador (helicoidal e âncora) da batedeira e o método com e sem pasteurização, resultando nos seguintes tratamentos: com pasteurização e agitador helicoidal (CPH), com pasteurização e agitador âncora (CPA), sem pasteurização e agitador helicoidal (SPH) e sem pasteurização e agitador âncora (SPA).

2.2 Processamento do mel cremoso

O processamento do mel cremoso foi baseado na metodologia de Dyce (1975). O mel utilizado no processamento do método Dyce sem pasteurização foi previamente desidratado durante sete dias, até atingir teor de água $\leq 17,5\%$, utilizando um desidratador Tubrax DAC0001, instalado em uma estufa SolidSteel, a fim de retardar o desenvolvimento de leveduras.

No método Dyce com pasteurização, o mel foi aquecido a 66 °C por 15 minutos, em banho-maria Solab SL-150, e, em seguida, resfriado sob agitação descontínua em congelador a -18 °C (Freezer Consul CVU26FB), por cerca de 90 minutos, até atingir 20 °C.

A semente, constituída por cristais finos e homogêneos, foi preparada por maceração de mel cristalizado com o auxílio de pistilo e almofariz e, posteriormente, mantida a 14 °C em câmara BOD (LimaTec LT320T) durante seis dias para favorecer a formação de pequenos cristais uniformes. Em seguida, realizou-se a homogeneização do mel líquido com a semente em batedeira planetária de 600 W e 60 Hz (Oster FPSTSM2710-017). Após a homogeneização, a mistura foi acondicionada em potes de vidro com tampas metálicas e mantida a 14 °C, em câmara BOD (LimaTec LT320T), durante seis dias para obtenção do mel cremoso.

2.3 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas para mel, estabelecidas pela Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000 (Brasil, 2000), foram realizadas em triplicata. Já as análises de atividade diastásica, reação de Lugol, acidez, sólidos insolúveis e HMF seguiram as metodologias propostas pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

O pH foi determinado segundo Abu-Jdayil *et al.* (2002), em uma solução de 10% (m/v) de mel com pHmetro digital HANNA HI 99163. A atividade de água (a_w) foi realizada em analisador Testo 650 a 25 °C. A cor foi avaliada por colorímetro Delta Vista 650G, com sistema CIELAB, iluminante D65, ângulo para observador de 10° e RSE (Reflexão Especular Incluída).

Os teores de água foram obtidos em refratômetro digital de bancada Ionlab RED-D-301, em amostras previamente descristalizadas em banho-maria a 50 °C por 1 hora e resfriadas até 25 °C. Os teores de açúcares redutores, totais e sacarose aparente foram determinados pelo método de Lane-Eynon (Carvalho *et al.*, 2002; IAL, 2008).

Os teores de glicose e frutose foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência, em cromatógrafo (Shimadzu) equipado com bomba quaternária modelo LC-20AT, detector de arranjo de diodos (DAD) modelo SPD-20A, desgaseificador modelo DGU-20A5, interface modelo CBM-20A e injetor automático com autoamostrador modelo SIL-20A. As separações foram realizadas empregando-se uma Coluna Supelcogel 8H 300 mm x 7,8 mm (cat. 59246-U) e pré-coluna Supelcogel 8H 10 mm x 7,8 mm.

A frequência do tipo de pólen foi determinada e classificada de acordo com sua ocorrência, conforme Louveaux, Maurizio e Vorwohl (1978).

2.4 Análises reológicas

As medidas reológicas foram realizadas em triplicata e com reômetro oscilatório (Haake MARS IQ Air, Thermo Scientific Inc., Alemanha), equipado com um sistema de controle de temperatura (UTM Controller, Alemanha). As medições foram efetuadas utilizando o sensor placa-placa, com diâmetro de 35 mm e *gap* de 1 mm.

A curva de escoamento foi obtida aplicando uma rampa contínua com taxa de deformação na faixa de 0 s⁻¹ a 10 s⁻¹, na temperatura de 25 °C, em três varreduras de 5 minutos (ciclos de subida, descida e subida). Os dados obtidos na terceira varredura foram ajustados aos modelos de escoamento newtoniano, Lei da Potência e Herschel-Bulkley.

A diferença entre as áreas abaixo dos pontos de dados ascendentes e sob os pontos de dados descendentes definiram a área de histerese. Na análise da tixotropia, foi determinada a variação da tensão de cisalhamento em função do tempo, para uma taxa de deformação constante de 10 s⁻¹, durante 600 s a 20 °C, sendo os dados experimentais ajustados ao modelo de Weltman (Karasu *et al.*, 2015). As análises para ajuste dos modelos propostos foram realizadas utilizando-se o software Haake RheoWin Data Manager (Thermo Fisher Scientific), versão 2023.

2.5 Análise sensorial

Para a realização do teste sensorial, foram recrutados 132 consumidores (≥ 18 anos), com hábito de consumir mel pelo menos uma vez ao mês. Todos os participantes avaliaram cinco amostras: os quatro tratamentos – âncora sem pasteurização (SPA), helicoidal sem pasteurização (SPH), âncora com pasteurização (CPA), helicoidal com pasteurização (CPH) – e o mel cristalizado naturalmente (CH), utilizado como matéria-prima.

A avaliação sensorial foi realizada em cabines individuais sob luz branca. Durante as avaliações, os participantes receberam uma bandeja contendo uma amostra codificada em um copo plástico (50 mL), com aproximadamente 3 g do produto, e uma colher de plástico transparente, em ordem balanceada, aleatória e monádica. Entre as avaliações das diferentes amostras, os participantes foram instruídos a enxaguar a boca com água e aguardar um intervalo de repouso de 1 minuto antes de avaliar a próxima amostra.

Os consumidores receberam duas fichas de avaliação para cada amostra, a fim de registrar sua aceitação e intenção de compra. A aceitação com relação aos atributos aparência, sabor, textura e impressão geral das amostras foi avaliada usando uma escala hedônica verbal de nove pontos (1 – desgostei extremamente a 9 – gostei extremamente). Posteriormente, a intenção de compra foi avaliada usando uma escala de intenção de compra de cinco pontos (1 – certamente não compraria a 5 – certamente compraria) (Minim, 2018).

2.6 Análises estatísticas

O efeito do agitador e do método de processamento sobre as características físico-químicas e sensoriais do mel cremoso foi determinado por Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey, em nível de 5% de significância. Os dados de impressão global do teste sensorial de aceitação das cinco amostras de méis também foram avaliados por meio de Mapa de Preferência Interno (Brito; Bolini 2008).

3 Resultados e discussão

A avaliação dos méis cremosos quanto às características físico-químicas, reológicas e sensoriais permitiu identificar os efeitos do tipo de agitador (âncora e helicoidal) e do método de processamento (com e sem pasteurização). Dessa forma, foram observados os parâmetros que mais influenciaram na aceitação do produto pelos consumidores.

3.1 Análises físico-químicas

As características físico-químicas do mel utilizado como matéria-prima (MP) (Tabela 1) e dos méis cremosos atenderam aos limites estabelecidos pela legislação brasileira (Brasil, 2000) e pela Codex Alimentarius Commission (CAC, 2022).

Tabela 1 ►

Caracterização físico-química do mel cristalizado ($n = 5$) e parâmetros físico-químicos para mel estabelecidos pela IN nº 11 (Brasil, 2000) e pelo Codex Standard For Honey (CAC, 2022).
Fonte: dados da pesquisa

Característica	Média	Erro padrão	IN nº 11	Codex
Hidroxiacetilfurfural (mg/kg)	2,60	0,26	60,00 (máx.)	80,00 (máx.)
Atividade diastásica (Göthe)	22,30	1,86	8,00 (mín.)	8,00 (mín.)
Acidez livre (mEq/ml)	48,19	0,38	50,00 (máx.)	50,00 (máx.)
Acidez lactônica (mEq/ml)	4,49	0,69	-	-
Acidez total (mEq/ml)	52,68	0,85	-	-
pH	3,93	0,02	3,50 a 5,50	-
a_w	0,682	0,002	0,52 a 0,80	-
Água (%)	19,07	0,05	20,00 (máx.)	20,00 (máx.)
Sólidos insolúveis (%)	0,030	0,013	0,10 (máx.)	-
Açúcares redutores (%)	69,04	0,73	65,00 (mín.)	60,00(mín)
Açúcares totais (%)	72,16	0,61	-	-
Sacarose aparente (%)	2,96	0,35	6,00 (máx.)	5,00 (máx.)
Glicose (%)	35,45	0,25	-	-
Frutose (%)	38,33	0,05	-	-
Relação frutose/glicose	1,08		-	-
Relação glicose/água	1,86		-	-
Reação de Lugol	Negativo			
L^*	27,37	0,16	-	-
a^*	3,60	0,04	-	-
b^*	13,27	0,23	-	-
C^*	13,75	0,23	-	-
h°	74,94	0,19	-	-

Nota: L^* = luminosidade; a^* = índice de vermelho; b^* = índice de amarelo; C^* = índice de saturação de cor (croma); h° = ângulo de tonalidade (hue).

A relação frutose/glicose média de 1,08 indica que a MP possui tendência à cristalização rápida ($< 1,14$). Méis com baixa relação frutose/glicose cristalizam mais rapidamente devido à menor solubilidade da glicose em comparação à frutose. A relação glicose/água também influencia na velocidade de cristalização: quanto maior o teor de glicose e menor o de água, mais rápida é a cristalização (Krishnan *et al.*, 2021; Sereti *et al.*, 2021).

A análise polínica indicou uma MP com predominância das floradas eucalipto (DP: 84,75%), asteráceas (iiP: 5,12%), café arábica (iiP: 4,54%) e *Mabea fistulifera* (iiP: 4,07%), características de méis de rápida cristalização (Cani, 1998).

A cor da MP (Tabela 1) foi escura, intensa, amarelada e levemente avermelhada, enquanto a cor dos méis cremosos (Tabela 2) foi clara, mais intensa e amarelada que a MP. Os valores de a^* e h° não foram afetados ($P > 0,05$) pelo método de

Tabela 2 ▼

Avaliação físico-química dos méis cremosos produzidos em escala artesanal (batedeira planetária) por diferentes métodos de processamento (Dyce e Dyce sem pasteurização) com diferentes tipos de agitador (âncora e helicoidal) ($n = 3$).

Fonte: dados da pesquisa

processamento e agitador, enquanto L^* , b^* e C^* foram afetados ($P < 0,05$) pela interação entre eles. O método com pasteurização e agitador helicoidal (CPH) proporcionou ($P < 0,05$) mel cremoso mais escuro (menor L^*) que aqueles pasteurizados com agitador âncora (CPA) e sem pasteurização com agitador helicoidal (SPH). Apenas nos méis cremosos obtidos pelo método sem pasteurização, o agitador helicoidal (SPH) proporcionou coloração ($P < 0,05$) mais amarelada e intensa (maiores b^* e C^*) que o agitador âncora (SPA).

Característica ¹	Tratamentos ²				Média geral	P(F)			R ²
	CPA	CPH	SPA	SPH		Método	Agitador	Interação	
Hidroximetilfurfural (mg/Kg)	2,66±0,33	2,89±0,08	5,02±1,22	7,14±2,85	4,43±0,86	0,07	0,47	0,56	0,40
Atividade diastásica (Göthe)	23,17±2,03	21,29±1,87	32,51±9,16	18,65±2,45	23,90±2,63	0,52	0,15	0,26	0,36
Acidez livre (mEq/mL)	45,19±2,76	46,24±0,24	47,34±1,21	48,39±0,87	46,79±0,76	0,21	0,52	0,10	0,23
Acidez lactônica (mEq/mL)	0,50±0,19	0,56±0,11	0,17±0,17	0,89±0,40	0,53±0,13	0,99	0,15	0,21	0,35
Acidez total (mEq/mL)	45,69±2,75	46,79±0,31	47,50±1,37	49,28±1,27	47,32±0,81	0,23	0,41	0,84	0,23
pH	3,53±0,02	3,69±0,01	3,78±0,04	3,78±0,07	3,70±0,04	0,01	0,10	0,10	0,73
a_w	0,644±0,005	0,629±0,002	0,612±0,004	0,602±0,002	0,622±0,005	0,00	0,01	0,53	0,91
Água (%)	18,43±0,19	19,27±0,07	17,11±0,46	17,30±0,12	17,87±0,33	0,00	0,08	0,25	0,85
Sólidos solúveis (%)	79,37±0,09	78,87±0,12	80,40±0,60	80,43±0,17	77,77±1,94	0,01	0,59	0,54	0,57
Sólidos insolúveis (%)	0,032±0,005 ^A	0,029±0,007	0,011±0,005 ^{yB}	0,032±0,001 ^x	0,026±0,003	0,08	0,09	0,03	0,64
Açúcares redutores (%)	70,75±0,27 ^{aB}	68,26±0,13 ^y	73,41±0,20 ^A	72,68±0,38 ^x	71,27±0,61	0,00	0,00	0,01	0,97
Açúcares totais (%)	73,32±0,07	72,38±0,34	75,45±0,38	75,61±0,38	74,19±0,44	0,00	0,26	0,12	0,90
Sacarose aparente (%)	2,44±0,30	3,92±0,32	1,94±0,50	2,78±0,20	2,77±0,27	0,05	0,01	0,39	0,69
Reação de Lugol	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo				
L^*	58,78±0,13 ^a	52,39±0,80 ^y	61,10±0,34	58,54±0,77 ^x	57,71±1,00	0,00	0,00	0,01	0,94
a^*	2,15±0,05	2,06±0,02	1,88±0,12	2,23±0,16	2,08±0,06	0,65	0,22	0,06	0,45
b^*	18,16±0,27	17,63±0,09	17,42±0,25 ^y	18,47±0,22 ^x	17,92±0,16	0,81	0,27	0,01	0,64
C^*	18,28±0,28	17,76±0,10	17,53±0,26 ^y	18,50±0,24 ^x	18,02±0,15	0,97	0,36	0,01	0,59
h°	83,25±0,09	83,31±0,05	83,82±0,30	83,10±0,40	83,37±0,14	0,49	0,23	0,16	0,36

CPH: com pasteurização e agitador helicoidal; CPA: com pasteurização e agitador âncora; SPH: sem pasteurização e agitador helicoidal; SPA: sem pasteurização e agitador âncora; P(F): Probabilidade do teste F da Análise de Variância (ANOVA); R²: coeficiente de determinação; ¹ Médias ± Erro Padrão; ² Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem entre os tipos de agitadores dentro do efeito pasteurização (a-b) ou dentro do efeito sem pasteurização (x-y), e médias seguidas por diferentes letras maiúsculas diferem entre os métodos de processamento dentro do agitador âncora (A-B) ou dentro do agitador helicoidal (X-Y) pelo teste F em nível de 5% de probabilidade.

O teor de HMF, a atividade diastásica e a acidez do mel cremoso não diferiram entre os tratamentos ($P > 0,05$; Tabela 2). O teor de HMF da MP foi baixo, indicando boas práticas de colheita e armazenamento, o que também foi observado para os méis cremosos. A atividade diastásica e a acidez da MP também não sofreram alterações significativas em virtude dos diferentes métodos de processamento dos méis cremosos. A elevada atividade enzimática indica que a desumidificação, a descristalização e a pasteurização não comprometeram os compostos nutricionais do mel. A acidez desempenha um papel fundamental para a estabilidade do produto, indicando adequadas condições de armazenamento e a não ocorrência de fermentação (Marchini; Sodré; Moreti, 2004).

Por outro lado, os teores de sólidos insolúveis e açúcares redutores foram afetados ($P < 0,05$) pela interação entre método e agitador. De maneira geral, o tratamento SPA proporcionou ($P < 0,05$) menor teor de sólidos insolúveis no mel cremoso que os tratamentos SPH e CPA. A pasteurização reduziu ($P < 0,05$) o teor de açúcares redutores, independente do agitador (A e H; Tabela 2). Além disso, nos méis cremosos pasteurizados, o agitador helicoidal (CPH) proporcionou menor ($P < 0,05$) teor de açúcares redutores que o agitador âncora (CPA). Já o pH e o teor de açúcares totais dos méis cremosos obtidos sem pasteurização foram maiores ($P < 0,05$), enquanto a a_w e os teores de água e de sacarose aparente foram menores ($P < 0,05$) que naqueles pasteurizados. Além disso, o agitador âncora proporcionou ($P > 0,05$) méis cremosos com maior a_w e menor teor de sacarose aparente que o agitador helicoidal (Tabela 2).

Os méis cremosos sem pasteurização apresentaram a_w de $0,607 \pm 0,003$ e teor de água de $17,21\% \pm 0,22\%$, devido à desumidificação, o que indica baixa probabilidade de crescimento de leveduras osmófilas. Todos os méis cremosos produzidos mostraram valores de a_w inferiores ao do mel naturalmente cristalizado, já que, neste último, a cristalização reduz a concentração de soluto (glicose) na fase líquida e aumenta a a_w , favorecendo a fermentação por leveduras (Zamora; Chirife, 2006).

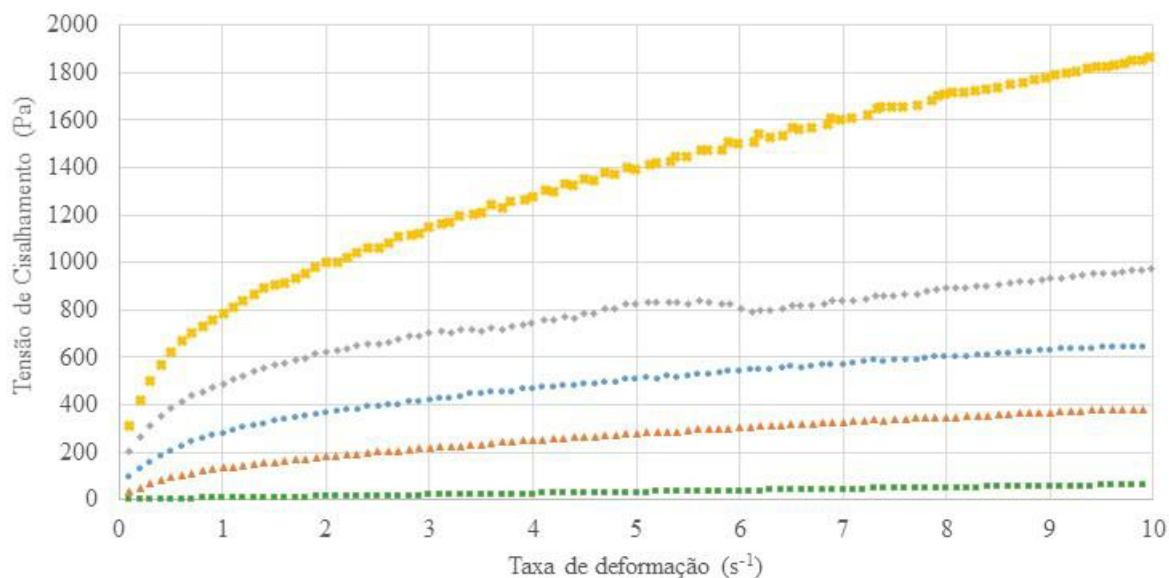
3.2 Análises reológicas

Os reogramas obtidos para os méis cremosos são típicos de fluidos pseudoplásticos (Figura 1a), representados pelo modelo Ostwald de Waele ($R^2 > 0,99$ e $RMSE < 22,71$). A MP apresentou comportamento de fluido newtoniano, com viscosidade média de $6,204 \pm 0,002 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ($R^2 = 1$; $RMSE = 0,096$). De modo geral, os méis cremosos apresentam maior valor de viscosidade aparente em relação ao mel utilizado como MP. Isso ocorre porque, uma vez que a cristalização controlada acontece, a matriz cristalina formada por cristais de D-glucose monoidratados reduz a mobilidade da água, aumentando sua resistência ao escoamento (Hartel; Shastri, 1991; Hartel; Ergun; Vogel, 2011).

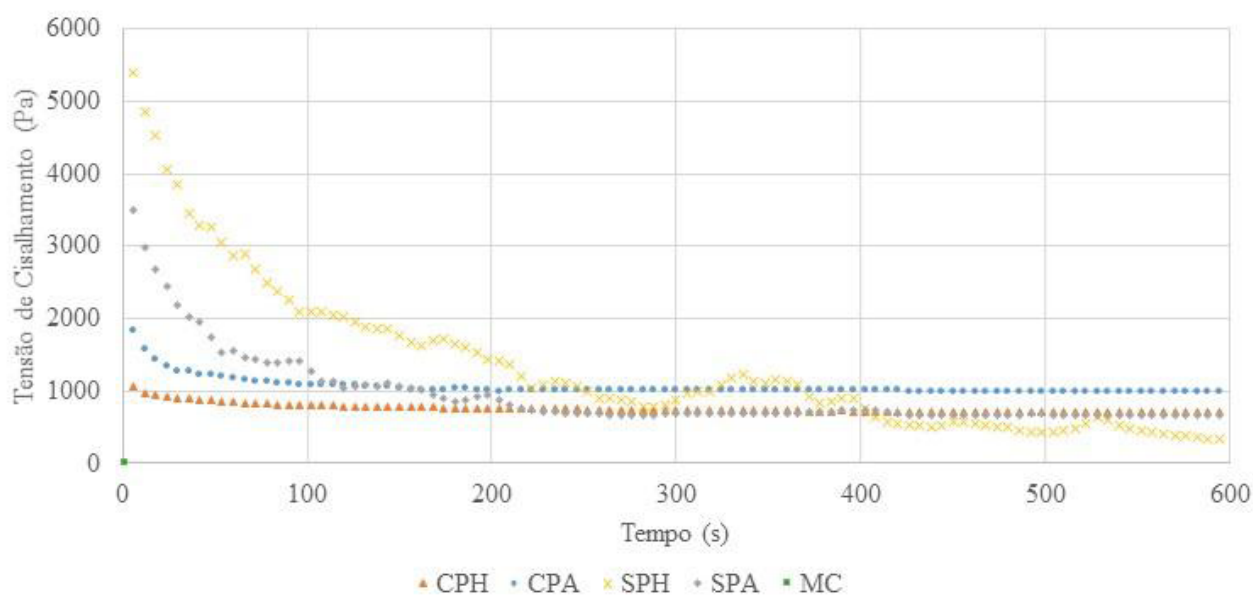
Figura 1 ▼

Comportamento reológico dos
méis cremosos produzidos em
escala artesanal (com ou sem
pasteurização) e diferentes
tipos de agitador (âncora e
helicoidal): (a) Curvas de fluxo
a 25 °C; (b) Curvas de tixotropia
a 10 s⁻¹ (n = 3).

Fonte: dados da pesquisa



(a)



(b)

CPH: com pasteurização e agitador helicoidal; CPA: com pasteurização e agitador âncora; SPH: sem pasteurização e agitador helicoidal; SPA: sem pasteurização e agitador âncora; MC: mel cristalizado.

Tabela 3 ▼

Valores dos parâmetros reológicos dos méis cremosos produzidos em escala artesanal (batedeira planetária), com ou sem pasteurização e com diferentes tipos de agitador (âncora e helicoidal) ($n = 3$), segundo os modelos de Ostwald de Waele, Herschel-Bulkley (η) e Weltman (A e B).

Fonte: dados da pesquisa

Ao analisar-se a influência da pasteurização na viscosidade aparente do mel cremoso, é possível observar que as amostras CPA e CPH diferem significativamente ($P < 0,05$) das amostras SPA e SPH, sendo que as amostras SPA e SPH apresentam os maiores valores de viscosidade aparente – $97,57 \pm 2,26 \text{ s}^{-1}$ e $187,4 \pm 3,7 \text{ s}^{-1}$, respectivamente (Tabela 3). Esse fato está relacionado ao processo de desumidificação do mel, aplicado aos méis que não serão pasteurizados no processo, originando um mel cremoso com menor teor de água. Portanto, observou-se que o aumento do teor de água resulta na diminuição da viscosidade, como observado também por Yanniotis, Skaltsi e Karaburnioti (2006).

Tratamento ¹	Ostwald de Waele		η (10 s^{-1}) ^{2,3} (Pa.s)	Área de histerese ² (Pa/s)*	Comportamento dependente do tempo	
	k	n			A ¹	B ¹
CPA	278,83±1,37	0,37±0,00	64,59±2,1 ^{bb}	1.548±197	1.698,97±32,60	-118,569±5,92
CPH	129,63±0,55	0,48±0,00	38,3±1,87 ^{ay}	373±81	1.132,95±6,12	-68,84±1,11
SPA	497,49±5,83	0,28±0,01	97,57±2,26 ^{xa}	5.647±821	3.830,6±103,6	-531,01±18,81
SPH	762,64±4,22	0,38±0,01	187,4±3,7 ^{yx}	3.288±661	7.471,74±93,40	-1.129,06±16,96

k = índice de consistência (Pa.sⁿ); n = índice de comportamento ao escoamento (adimensional); η = viscosidade aparente (Pa.s); A = limite de escoamento (adimensional); B = taxa de quebra da estrutura (adimensional); CPA: com pasteurização e agitador âncora; CPH: com pasteurização e agitador helicoidal; SPA: sem pasteurização e agitador âncora; SPH: sem pasteurização e agitador helicoidal; $P(F)$: Probabilidade do teste F da Análise de Variância (ANOVA); ¹ Médias ± Desvio Padrão da Média; ² Método: $P < 0,01$, Agitador: $P < 0,01$ e Interação: $P = 0,05$; ³ Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem entre os tipos de agitadores dentro dos méis pasteurizados (a-b) ou sem pasteurização (x-y), e médias seguidas por diferentes letras maiúsculas diferem entre com e sem pasteurização dentro do agitador âncora (A-B) ou dentro do agitador helicoidal (X-Y) pelo teste F em nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao tipo de agitador, também foi observada uma influência significativa na viscosidade aparente das amostras de mel cremoso ($P < 0,05$). Entre as amostras com pasteurização, a amostra CPA obteve maior viscosidade que a amostra CPH: $64,59 \pm 2,13 \text{ Pa.s}$ e $38,3 \pm 1,87 \text{ Pa.s}$, respectivamente (Tabela 3). Entre as amostras sem pasteurização, a amostra SPH obteve maior viscosidade aparente que a amostra SPA: $187,4 \pm 3,7 \text{ s}^{-1}$ e $97,57 \pm 2,26 \text{ s}^{-1}$, respectivamente (Tabela 3). Nesses tratamentos, a variação da viscosidade não foi relacionada ao teor de água, e sim, provavelmente, à morfologia e ao tamanho dos cristais formados durante a cristalização. Amostras com estrutura cristalina heterogênea apresentam maior viscosidade do que as que possuem estrutura homogênea (Ozmen *et al.*, 2023).

Todos os tratamentos apresentaram comportamento tixotrópico. As amostras sem pasteurização apresentaram um decréscimo mais acentuado nos tempos iniciais da curva (Figura 1b), em que a destruição estrutural das amostras é mais rápida. Isso evidencia um comportamento mais tixotrópico dessas amostras. A tixotropia observada pode ser atribuída à presença de componentes de alto peso molecular, como proteínas e açúcares complexos, e à formação de estruturas cristalinas de D-glucose monoidratada (Faustino; Pinheiro, 2021; Hartel; Ergun; Vogel, 2011).

As amostras sem pasteurização apresentaram menor teor de água, o que favorece a concentração desses componentes estruturantes. Isso se reflete nos valores dos coeficientes obtidos pelo modelo de Weltman ($R^2 > 0,8$ e $\text{RMSE} < 173,7$) (Tabela 3). A amostra SPA apresentou o maior valor absoluto do coeficiente B ($531,01 \pm 18,81 \text{ Pa}$), indicando maior rapidez na degradação estrutural sob tensão e, portanto, maior tixotropia. Em contrapartida, a amostra CPA apresentou o menor valor absoluto de B ($118,569 \pm 5,92 \text{ Pa}$),

refletindo uma estrutura mais estável. Esses resultados sugerem que as amostras com maior valor absoluto de B possuem uma estrutura que se desintegra mais rapidamente sob tensão, sendo, desse modo, mais tixotrópicas (Faustino; Pinheiro, 2021).

Houve diferença significativa em relação às áreas de histerese ($P < 0,05$), entre os métodos (com e sem pasteurização) e as diferentes hélices (Tabela 3). Além disso, a interação entre as amostras não foi significativa ($P > 0,05$). A maior área de tixotropia foi observada em SPH ($5.647 \pm 821 \text{ Pa}\cdot\text{s}$), indicando uma estrutura que se rompe mais facilmente sob deformação, enquanto CPH apresentou menor área de tixotropia ($373 \pm 81 \text{ Pa}\cdot\text{s}$), sugerindo uma estrutura mais resistente à ruptura. Esse comportamento pode ser atribuído à maior concentração de sólidos e à formação de estruturas coloidais mais densas em méis com menor teor de umidade, características que favorecem a tixotropia, conforme discutido por Faustino e Pinheiro (2021).

Resultados semelhantes foram encontrados por Karasu *et al.* (2015), que observaram que o mel cremoso apresenta comportamento tixotrópico evidente, com a área de histerese variando conforme a temperatura e indicando modificações estruturais significativas sob cisalhamento. Segundo os autores, estruturas mais frágeis apresentam maior suscetibilidade à quebra, o que se reflete em maiores áreas de histerese, em linha com o comportamento observado em SPH.

Tabela 4 ▼

Aceitação dos atributos sabor, textura, aparência e impressão global e intenção de compra dos méis cremosos produzidos em escala artesanal (batedeira planetária) por diferentes métodos de processamento (Dyce e Dyce sem pasteurização), com diferentes tipos de agitador (âncora e helicoidal), e do mel cristalizado ($n = 132$).
Fonte: dados da pesquisa

3.3 Aceitação sensorial e intenção de compra do mel cristalizado e dos méis cremosos

Os méis cremosos obtiveram boa aceitação e intenção de compra pelos consumidores (Tabela 4), pois obtiveram notas hedônicas na faixa de aceitação sensorial (≥ 6) em todos os atributos avaliados e de intenção de compra (≥ 3). Em relação à textura, à aparência, à impressão global e à intenção de compra, a amostra de CPH diferiu significativamente ($P < 0,05$) das demais. As médias obtidas para esse tratamento estão situadas entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”; e “provavelmente compraria” e “certamente compraria”. Assim, o uso da pasteurização e da hélice helicoidal na bateadeira planetária durante a etapa de homogeneização resultou num produto de qualidade sensorial superior.

Tratamento ^{1,2}	Aparência	Sabor	Textura	Impressão global	Intenção de compra
CPH	7,20±0,15 ^a	7,90±0,11 ^a	7,83±0,12 ^a	7,83±0,11 ^a	4,24±0,08 ^a
CPA	6,35±0,16 ^b	7,30±0,14 ^b	6,67±0,16 ^b	6,86±0,14 ^b	3,57±0,09 ^b
SPH	6,23±0,17 ^b	7,39±0,14 ^b	6,48±0,19 ^b	6,86±0,14 ^b	3,58±0,09 ^b
SPA	6,17±0,17 ^b	7,45±0,14 ^{ab}	6,96±0,17 ^b	6,98±0,15 ^b	3,70±0,09 ^b
MC	6,23±0,17 ^b	6,33±0,17 ^c	4,58±0,18 ^c	5,67±0,16 ^c	2,79±0,10 ^c
P(F)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

CPH: com pasteurização e agitador helicoidal; CPA: com pasteurização e agitador âncora; SPH: sem pasteurização e agitador helicoidal; SPA: sem pasteurização e agitador âncora; MC: mel cristalizado. *P(F)*: Probabilidade do teste F da Análise de Variância (ANOVA); ¹ Médias ± Erro Padrão; ² Médias seguidas por diferentes letras (a-c) diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Já SPA, CPA e SPH não diferiram entre si ($P > 0,05$) para textura, para impressão global e para intenção de compra. As médias desses tratamentos situaram-se entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”; e “talvez compraria” e

“provavelmente compraria”, sendo essas amostras mais aceitas ($P < 0,05$) do que o MC, que apresentou média variando entre os termos “desgostei ligeiramente” e “gostei ligeiramente” e “provavelmente não compraria” e “talvez compraria”.

Em relação ao atributo sabor, a amostra SPA não diferiu significativamente ($P > 0,05$) em relação às amostras de CPH, CPA e SPH, estando situada entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”. A amostra CPH diferiu significativamente ($P < 0,05$) das amostras CPA e SPH, e essas não diferiram significativamente entre si ($P > 0,05$). A amostra MC diferiu significativamente de todas as amostras ($P < 0,05$), apresentando média situada entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Isso evidencia que o processo de cristalização controlada utilizado no processamento do mel cremoso resultou em produtos com boa qualidade sensorial e intenção de compra, independente do uso da pasteurização e do tipo de hélice na homogeneização.

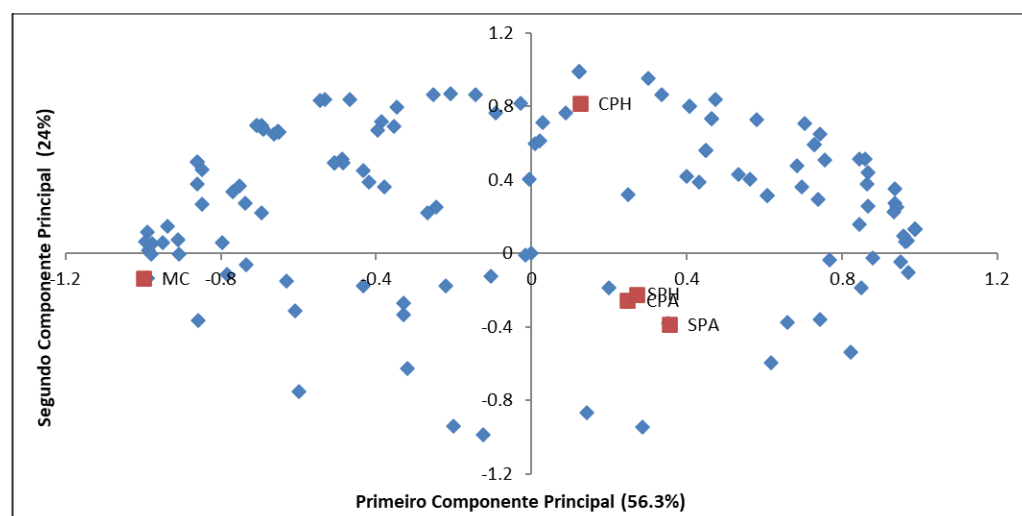
Além disso, o mel cristalizado se destacou negativamente, sendo o produto menos aceito ($P < 0,05$) quanto aos atributos sensoriais sabor, textura e impressão global (Tabela 4), obtendo escores hedônicos variando entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, “desgostei ligeiramente” e “indiferente”, e “indiferente” e “gostei ligeiramente”, respectivamente. Somado a isso, também apresentou a menor intenção de compra, variando entre os termos “provavelmente não compraria” e “talvez compraria”. Esse resultado confirma que o mel cristalizado naturalmente é um produto pouco aceito pelos consumidores e, muitas vezes, um problema no escoamento da produção para os apicultores.

O estudo de Piana *et al.* (2023) corrobora os resultados encontrados. Os pesquisadores avaliaram a aceitação de mel cítrico (*Citrus spp.*) e de mel de colza (*Brassica napus*) nos estados líquido, cremoso e cristalizado. De forma geral, as amostras de méis cremosos apresentaram maior aceitação ($P < 0,05$) quando comparadas aos méis cristalizados naturalmente. Portanto, assim como demonstrado no presente trabalho, o uso da cristalização controlada é uma alternativa para os méis de média e rápida cristalização, agregando valor a essa matéria-prima pouco valorizada pela obtenção de um produto de alta qualidade.

As mesmas conclusões foram obtidas ao avaliar o mapa de preferência interno (Figura 2) dos dados de impressão global. O primeiro componente principal explicou 56,3% da variação da aceitação entre as amostras; já o segundo componente principal explicou 24,0%. Juntos, os dois componentes principais explicaram ao todo 80,3% da variação total dos dados de aceitação da impressão global, sendo esta considerada uma porcentagem adequada para diferenciar as amostras em termos de aceitação.

Figura 2 ►

Mapa de preferência interno dos dados de aceitação da impressão global de cada consumidor, com os dois componentes principais e a dispersão das amostras de méis em relação à aceitação pelos consumidores.
Fonte: dados da pesquisa



CPH: com pasteurização e agitador helicoidal; CPA: com pasteurização e agitador âncora; SPH: sem pasteurização e agitador helicoidal; SPA: sem pasteurização e agitador âncora; MC: mel cristalizado.

A localização das amostras de méis no mapa de preferência interno (Figura 2) indicou a formação de três grupos: CPH, no primeiro quadrante, foi a mais bem aceita pelos avaliadores, pois está cercada por uma maior concentração de pontos azuis, que representam os consumidores; CPA, SPA e SPH, no quarto quadrante, apresentam uma aceitação intermediária, com uma menor concentração de avaliadores em torno delas; e MC, no terceiro quadrante, está posicionada em uma área mais isolada e com poucos avaliadores próximos, refletindo a menor aceitação entre todos os tratamentos.

4 Conclusão

As análises físico-químicas, sensoriais e reológicas foram determinantes para a avaliação da qualidade, da textura e da aceitação dos méis cremosos produzidos. Os resultados das análises físico-químicas indicaram que o mel submetido à pasteurização e à mistura com a hélice helicoidal na batedeira planetária (CPH) apresentou coloração mais clara em comparação aos demais tratamentos. Observou-se, ainda, que os tratamentos com pasteurização resultaram em maior teor de água e a_w , quando comparados aos tratamentos sem pasteurização.

No que se refere às análises reológicas, verificou-se que os méis cremosos dos tratamentos com pasteurização apresentaram alterações nas características de escoamento e na textura em decorrência da pasteurização, o que influenciou diretamente nas propriedades sensoriais. Esses méis cremosos apresentaram menor viscosidade e menor área de histerese, as quais estão associadas ao maior teor de água e a_w .

A aceitação do mel pelos consumidores pode estar relacionada, principalmente, à textura e à aparência do produto, conforme evidenciado pelas análises físico-químicas e reológicas. Entre os tratamentos avaliados, o mel cremoso pasteurizado e agitado na hélice helicoidal obteve os maiores índices de aceitação e intenção de compra, enquanto o mel de cristalização natural foi o menos aceito.

Dessa forma, recomenda-se essas condições operacionais para o processamento artesanal de mel cremoso, visando à obtenção de um produto gourmet com maior valor agregado, a partir de uma matéria-prima inicialmente rejeitada pelo consumidor.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento desta pesquisa (processo: APQ-03935-22) e pelo apoio às bolsas de iniciação científica. Os autores agradecem, também, à Associação dos Meliponicultores e Apicultores do Médio Paraopeba, pelas contribuições tecnológicas e pela valiosa troca de conhecimentos.

Financiamento

Pesquisa financiada pela FAPEMIG (processo: APQ-03935-22).

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Declaração do Conselho de Ética

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, sob o número de parecer 5.928.860.

Contribuições ao artigo

VIEIRA, D. A. F.; COSTA, L. A.; CONRADO, J. M.; CARMO, J. L. F.: análise e/ou interpretação dos dados; revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito. **RESENDE, H. C.; SILVA, V. M.:** concepção ou desenho do estudo/pesquisa; análise e/ou interpretação dos dados; revisão final com participação crítica e intelectual no manuscrito. Todos os autores participaram da escrita, discussão, leitura e aprovação da versão final do artigo.

Referências

ABU-JDAYIL, B.; GHZAWI, A. A.-M.; AL-MALAH, K. I. M.; ZAITOUN, S. Heat effect on rheology of light- and dark-colored honey. **Journal of Food Engineering**, v. 51, n. 1, p. 33-38, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00034-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00034-6).

ARAÚJO, D. R.; SILVA, R. H. D.; SOUSA, J. S. Avaliação da qualidade físico-química do mel comercializado na cidade de Crato, CE. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 51-55, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/500/50060108.pdf>. Acesso em: 4 maio 2025

BHANDARI, B.; D'ARCY, B.; KELLY, C. Rheology and crystallization kinetics of honey: present status. **International Journal of Food Properties**, v. 2, n. 3, p. 217-226, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942919909524606>.

BRAZIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000**. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2000. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animais/legislacao/IN112000RTmel.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2026.

BRITO, C. A. K.; BOLINI, H. M. A. Análise da aceitação de néctares de goiaba por testes afetivos e mapa de preferência interno. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 2, n. 1, p. 67-80, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.3895/S1981-36862008000100006>.

CAC – CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex Standard for Honey (CODEX STAN 12-1981)**. Rome: FAO/WHO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace>.

[fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012e.pdf](https://fao.org/sites/default/files/codex_standards/CXS/2B12-1981/CXS_012e.pdf). Acesso em: 3 ago. 2026.

CANI, P. C. **Doce Mel**. Vitória: EMATER-ES, 1998. Disponível em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2169/1/BRT-docemel-Emater.pdf>. Acesso em: 4 maio 2025.

CARVALHO, H. H.; JONG, E. V.; BELLÓ, R. M.; SOUZA, R. B; TERRA, M. F. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análise**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2002. 180 p.

CAVALCANTE, D. A. 21 de junho – Dia do Mel – O salto do mel brasileiro passa pela ampliação da produtividade das colmeias. **A.B.E.L.H.A.: Associação Brasileira de Estudos das Abelhas**, 21 jun. 2021. Disponível em: <https://abelha.org.br/o-salto-do-mel-brasileiro-passa-pela-ampliacao-da-produtividade-das-colmeias/>. Acesso em: 3 ago. 2026.

CHAIKHAM, P.; PRANGTHIP, P. Alteration of antioxidative properties of longan flower-honey after high pressure, ultra-sonic and thermal processing. **Food Bioscience**, v. 10, p. 1-7, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.01.002>.

CHEN, Y.-W.; LIN, C.-H.; WU, F.-Y.; CHEN, H.-H. Rheological properties of crystallized honey prepared by a new type of nuclei. **Journal of Food Process Engineering**, v. 32, n. 4, p. 512-527, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00227.x>.

DYCE, E. J. Producing finely granulated or creamed honey. In: CRANE, E. (ed.). **Honey: a comprehensive survey**. New York: Crane, Russak and Company, 1975. p. 293-313.

ESCOBAR, A. L. S.; XAVIER, F. B. Propriedades fitoterápicas do mel de abelhas. **Revista Uningá**, v. 37, n. 1, p. 1-14, 2013. DOI: <https://doi.org/10.46311/2318-0579.37.eUJ1115>.

BRASIL produziu 46 milhões de toneladas de mel em 2021, aponta associação. **Sistемаfaeb**, 3 ago. 2022. Disponível em: <https://sistemafaeb.org.br/brasil-produziu-46-milhoes-de-toneladas-de-mel-em-2021-aponta-associacao/>. Acesso em: 12 jun. 2023.

FAUSTINO, C.; PINHEIRO, L. Analytical Rheology of Honey: A State-of-the-Art Review. **Foods**, v. 10, n. 8, 1709, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10081709>.

FAUZI, N. A.; FARID, M. M.; SILVA, F. V. M. High-pressure processing of manuka honey: improvement of antioxidant activity, preservation of colour and flow behaviour. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 8, p. 2299-2307, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1204-7>.

GONNET, M. Honey liquefaction, pasteurization, and induced crystallization. **Apiacta**, v. 12, n. 3, p. 104-109, 1977. Disponível em: <https://www.fiitea.org/foundation/files/1977/M.%20GONNET.pdf>. Acesso em: 4 maio 2025.

HARTEL, R. W.; ERGUN, R.; VOGEL, S. Phase/state transitions of confectionery sweeteners: Thermodynamic and kinetic aspects. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, n. 1, p. 17-32, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00136.x>.

HARTEL, R. W.; SHASTRY, A. V. Sugar crystallization in food products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 30, n. 1, 49-112, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408399109527541>.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. (1. ed. digital). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 4 maio 2025.

KARASU, S.; TOKER, O. S.; YILMAZ, M. T.; KARAMAN, S.; DERTLI, E. Thermal loop test to determine structural changes and thermal stability of creamed honey: Rheological characterization. **Journal of Food Engineering**, v. 150, p. 90-98, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.10.004>.

KRISHNAN, R.; MOHAMMED, T.; KUMAR, G. S.; SH, A. Honey crystallization: Mechanism, evaluation and application. **The Pharma Innovation**, v. 10, n. spe. 5, p. 222-231, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22271/tpi.2021.v10.i5Sd.6213>.

LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A.; VORWOHL, G. Methods of Melissopalynology. **Bee World**, v. 59, n. 4, p. 139-154, 1978. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0005772X.1978.11097714>.

MARCHINI, L. C.; SODRÉ, G. S.; MORETI, A. C. C. C. **Mel brasileiro: composição e normas**. Ribeirão Preto: A.S. Pinto, 2004.

MEIXNER, M.; WEBER, M.; LELLA, S.; ROZHON, W.; DASBACH, M. Influence of Stirring Parameters on Creaminess of Spring Blossom Honey Measured by Crystal Size, Whiteness Index and Mouthfeel. **Foods**, v. 12, n. 1, 48, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12010048>.

MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial: estudos com consumidores**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2018.

OLIVEIRA, K. L. **Aplicação de métodos de conservação e avaliação do estudo de vida de prateleira em mel de *Melipona mondury* do estado do Espírito Santo**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 2017. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/ITAL-2_1adacb25edd7f837c05ab9735786755c/Details. Acesso em: 4 maio 2025.

OZMEN, D.; YILDIRIM, R. M.; BURSA, K.; KIAN-POUR, N.; TOKER, O. S.; PALABIYIK, I.; KONAR, N.; YURT, B. Improvement of spreadability of grape molasses with induced crystallization for production of creamed molasses as a novel product. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 31, 100628, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100628>.

PIANA, M. L.; CIANCIABELLA, M.; DANIELE, G. M.; BADIANI, A.; ROCCULI, P.; TAPPI, S.; GATTI, E.; MARCAZZAN, G. L.; MAGLI, M.; MEDORO, C.; PREDIERI, S. Influence of the physical state of two monofloral honeys on sensory properties and consumer satisfaction. **Foods**, v. 12, n. 5, 986, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12050986>.

SERETI, V.; LAZARIDOU, A.; TANANAKI, C.; BILIADERIS, C. G. Development of a cotton honey-based spread by controlling compositional and processing

parameters. **Food Biophysics**, v. 16, n. 3, p. 365-380, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11483-021-09677-9>.

SURIWONG, V. **Thai creamed honey development by control of crystallization process with ultrasonic treatment**. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Maejo University, Chiang Mai, Tailândia, 2021. Disponível em: <http://202.28.38.45/dspace/handle/123456789/435>. Acesso em: 8 jun. 2025.

TAPPI, S.; GLICERINA, V.; RAGNI, L.; DETTORI, A.; ROMANI, S.; ROCCULI, P. Physical and structural properties of honey crystallized by static and dynamic processes. **Journal of Food Engineering**, v. 292, 110316, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110316>.

TAPPI, S.; LAGHI, L.; DETTORI, A.; PIANA, L.; RAGNI, L.; ROCCULI, P. Investigation of water state during induced crystallization of honey. **Food Chemistry**, v. 294, p. 260-266, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.047>.

VIDAL, M. F. Mel natural: cenário mundial e situação da produção na área de atuação do BNB. **Caderno Setorial ETENE**, ano 6, n. 157, p. 1-10, 2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/801/1/2021_CDS_157.pdf. Acesso em: 14 nov. 2025.

YANNIOTIS, S.; SKALTSI, S.; KARABURNIOTI, S. Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 72, n. 4, p. 372-377, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877405000208>. Acesso em: 10 abr. 2025.

ZAMORA, M. C.; CHIRIFE, J. Determination of water activity change due to crystallization in honeys from Argentina. **Food Control**, v. 17, n. 1, p. 59-64, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.09.003>.