

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, Universidade Federal de Viçosa – campus Florestal (UFV), Florestal, Minas Gerais, Brasil. ORCID 0000-0002-0692-8382

^[2] luisa.a.costa@ufv.br, Universidade Federal de Viçosa – campus Florestal (UFV), Florestal, Minas Gerais, Brasil. ORCID 0009-0008-4212-2360

^[3] jadson.conrado@ufv.br, Universidade Federal de Viçosa – campus Florestal (UFV), Florestal, Minas Gerais, Brasil. ORCID 0009-0001-0407-570X

^[4] jessica.leila@ufv.br, Universidade Federal de Viçosa – campus Florestal (UFV), Florestal, Minas Gerais, Brasil. ORCID 0009-0005-6332-5341

^[5] helder.resende@ufv.br, Universidade Federal de Viçosa – campus Florestal (UFV), Florestal, Minas Gerais, Brasil. ORCID 0000-0001-6582-1836

^[6] vanelle.silva@ufv.br, Universidade Federal de Viçosa – campus Florestal (UFV), Florestal, Minas Gerais, Brasil. ORCID 0000-0002-0692-8382

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 (2008) e a frequência do tipo de pólen foi determinada e classificada de acordo com; Louveaux et al., 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, Arteráceas, 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 a legislação (Brasil, 2000; Codex, 2022). Os reogramas são típicos de fluidos pseudoplásticos, seguindo o modelo lei da potência ($R^2 > 0,99$ e $RMSE < 22,71$). A amostra CPA apresentou maior índice de consistência (531.01 ± 18.81 Pa) enquanto, PA apresentou menor valor (118.569 ± 5.92 Pa). A maior área de tixotropia foi em SPH (5647 Pa/s) e a menor em CPH (373 Pa/s). Ao analisar a influência da pasteurização na viscosidade do mel, as amostras CPA e CPH se 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: físico-química; mel cremoso; reologia; sensorial

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, good 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 (P) and without pasteurization (SP), as an alternative to add value to crystallized honey. Physicochemical analyses (diastase activity, pH, water activity - aw, color, Lugol's reaction, free, lactic acid 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 (2008), and pollen frequency was determined and classified according to Louveaux et al. (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 (Brazil, 2000; Codex, 2022). The flow curves were typical of pseudoplastic fluids, fitting the power law model ($R^2 > 0.99$ and RMSE < 22.71). The WA sample showed the highest consistency index (531.01 ± 18.81 Pa), while CPA showed the lowest (118.569 ± 5.92 Pa). The highest thixotropy area was observed in SPH (5647 Pa/s), and the lowest in CPH (373 Pa/s). Pasteurization significantly influenced honey viscosity: samples CPA and CPH differed significantly ($P < 0.05$) from SPA and CPH, which presented 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; rheology; sensory

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 et al., 1999; Escobar e Xavier, 2013). Ele possui alto valor nutritivo e é comumente usado para fins medicinais (Oliveira, 2017). Porém, 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 (Abelha, 2021; Faeb, 2022).

Após a colheita, o mel passa por modificações físico-químicas (Araújo et al., 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 a 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 fomentar o setor 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 em prejuízos às propriedades nutricionais e características sensoriais do mel cremoso (Chaikham e Prangtip, 2015; Fauzi et al., 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, 1994), pois são menos suscetíveis ao desenvolvimento de leveduras (Dyce, 1975; Whute e 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, 2022). 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 a 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, para o 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). Neste caso, o estudo do comportamento reológico é de suma importância para avaliação dos aspectos relacionados à textura e viscosidade característica 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 e 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. Inicialmente, o mel foi submetido ao processamento artesanal utilizando a batedeira planetária com diferentes tipos de agitadores (âncora e helicoidal) e com ou sem pasteurização, conforme o método de Dyce, obtendo-se o 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 buscaram caracterizar o comportamento de escoamento e tixotropia dos produtos obtidos. Posteriormente, foi conduzida uma avaliação sensorial com consumidores para verificar a aceitação e a intenção de compra das amostras. Os resultados são discutidos de forma a evidenciar os efeitos dos diferentes tratamentos na qualidade final do mel cremoso e sua viabilidade como produto com valor agregado. Por fim, as conclusões sintetizam os achados mais relevantes e as implicações práticas do estudo 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.

2.2 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x2, com 3 repetições (bateladas de processamento). Os fatores 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).

2.3 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 desumidificado durante 7 dias, até atingir teor de água $\leq 17.5\%$ com desumidificador (Tubrax DAC0001) em uma estufa (SolidSteel) para retardar o desenvolvimento de leveduras.

No método *Dyce* com pasteurização o mel foi aquecido a 66 °C por 15 min, 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 etapa de homogeneização do mel líquido aos cristais finos e homogêneos, previamente preparados, foi realizada em batedeira planetária de 600 W e 60 Hz (Oster FPSTSM2710-017). A mistura foi armazenada em pote de vidro com tampas metálicas a 14 °C por 6 dias em câmara BOD (LimaTec LT320T), para obtenção do mel cremoso.

2.4 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas para mel, estabelecidas pela Instrução Normativa Nº 11 (BRASIL, 2000), foram realizadas em triplicata. As análises de atividade diastásica, reação de lugol, acidez, sólidos insolúveis e HMF seguiram as metodologias propostas pelo Instituto Adolfo Lutz (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* à 25°C. A cor foi avaliada por colorímetro (*Delta Vista 650G*) com sistema CIELAB, iluminante D65, ângulo de 10° e RSE.

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; Instituto Adolfo Lutz, 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 SPDM-20A, desgaseificador modelo DGU-20A5, interface modelo CBM-20A e injetor automático com auto amostrador modelo SIL-20A. As separações foram realizadas empregando-se uma Coluna Supelcogel 8H 300mm x 7,8mm (cat. 59246-U) e pré-coluna Supelcogel 8H 10mm x 7,8mm.

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

2.5 Análises Reológicas

As medidas reológicas foram realizadas, em triplicata, em reômetro oscilatório (Haake MARS IQ Air, Thermo Scientific Ic., 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 de taxa de deformação na faixa de 0 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 *HaakeRheoWin Data Manager* (Thermoscientific, 2023).

2.6 Análise sensorial

Para 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 (sugiro deixar claro aqui quais foram os 4 tratamentos) 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 avaliarem a próxima amostra.

Os consumidores receberam duas fichas de avaliação para cada amostra, para 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).

2.7 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, a 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 (De Brito, 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 pelo Codex Alimentarius Commission Standards (Codex Alimentarius Commission Standards, 2001).

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 Standard For Honey from Codex Alimentarius (2001)

Característica	Média	Erro padrão	IN n° 11	Codex
Hidroximetilfurfural (mg/kg)	2,60	0,26	60,00 (máx.)	80,00 (máx.)
Atividade Diastásica (<i>Göthe</i>)	22,30	1,86	8,00 (min.)	
Acidez Livre (mEq/ml)	48,19	0,38	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.)	
Sólidos Insolúveis (%)	0,030	0,013	0,10 (máx.)	
Açúcares Redutores (%)	69,04	0,73	65,00 (min.)	
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 <i>Lugol</i>	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		

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%), *Arteráceas* (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 que 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 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 pasteurizado 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).

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 relação aos diferentes métodos de processamento dos méis cremosos. A elevada atividade enzimática indica que a desumidificação, descristalização e 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 et al., 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 $0,607\pm0,003$ e teor de água de $17,21\pm0,22\%$, 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 o a_w , favorecendo a fermentação por leveduras (Zamora & Chirife, 2006).

Tabela 2. Avaliação físico-química dos mésis 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) ($n = 3$)

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 (<i>Göthe</i>)	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 ^{bY}	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 ^{bY}	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); R^2 : 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 método 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.

3.2 Análises reológicas

Os reogramas obtidos para os méis cremosos são típicos de fluidos pseudoplásticos (Figura 1-a), representado 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 ± 0.002 Pa·s ($R^2 = 1$; RMSE = 0.096). De um modo geral, os méis cremosos apresentam maior valor de viscosidade aparente em relação ao mel utilizado como MP. Isso ocorre, pois, uma vez que a cristalização controlada ocorra, a matriz cristalina formada de cristais de D-glucose monoidratados reduz a mobilidade da água, aumentando sua resistência ao escoamento (Hartel & Shastry, 1991; Hartel, Ergun & Vogel, 2011).

Ao analisar-se a influência da pasteurização na viscosidade aparente do mel cremoso é possível observar que as amostras CPA e CPH se 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 ± 2.26 s $^{-1}$ e 187.4 ± 3.7 s $^{-1}$, respectivamente. Este 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, assim como Yanniotis et al. (2006).

Em relação ao tipo de agitador, também foi observado 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 ± 2.13 Pa·s e 38.3 ± 1.87 Pa·s, respectivamente. Entre as amostras sem pasteurização, a amostra SPH obteve maior viscosidade aparente que a amostra SPA, 187.4 ± 3.7 s $^{-1}$ e 97.57 ± 2.26 s $^{-1}$, respectivamente. Nesses tratamentos, a variação da viscosidade não foi relacionada ao teor de água, e sim, provavelmente, à morfologia e 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).

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 e Weltman.

Tratamento ¹	Ostwald de Waele		η (10s $^{-1}$) ^{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	$64.59 \pm 2.1^{\text{bB}}$	1548 ± 197	1698.97 ± 32.60	-118.569 ± 5.92
CPH	129.63 ± 0.55	0.48 ± 0.00	$38.3 \pm 1.87^{\text{aY}}$	373 ± 81	1132.95 ± 6.12	-68.84 ± 1.11
SPA	497.49 ± 5.83	0.28 ± 0.01	$97.57 \pm 2.26^{\text{xA}}$	5647 ± 821	3830.61 ± 103.6	-531.01 ± 18.81
SPH	762.64 ± 4.22	0.38 ± 0.01	$187.4 \pm 3.7^{\text{yX}}$	3288 ± 661	7471.74 ± 93.40	-1129.06 ± 16.96

K = índice de consistência (Pa.s n); n = índice de comportamento ao escoamento (adimensional); η = viscosidade aparente (Pa.s); A = A ao limite de escoamento (adimensional); B = taxa de quebra da estrutura (adimensional); Área de Histerese = área da histerese (Pa/s); CPA: com pasteurização e agitador âncora; CPH: com pasteurização e agitador helicoidal; SPA: sem 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); 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.

Todos os tratamentos apresentaram comportamento tixotrópico. As amostras sem pasteurização, apresentaram um decréscimo mais acentuado nos tempos iniciais da curva (Figura 1-b), em que a destruição estrutural das amostras é mais rápida. Isso evidencia um comportamento mais tixotrópico destas amostras. A tixotropia observada pode ser atribuída à presença de componentes de

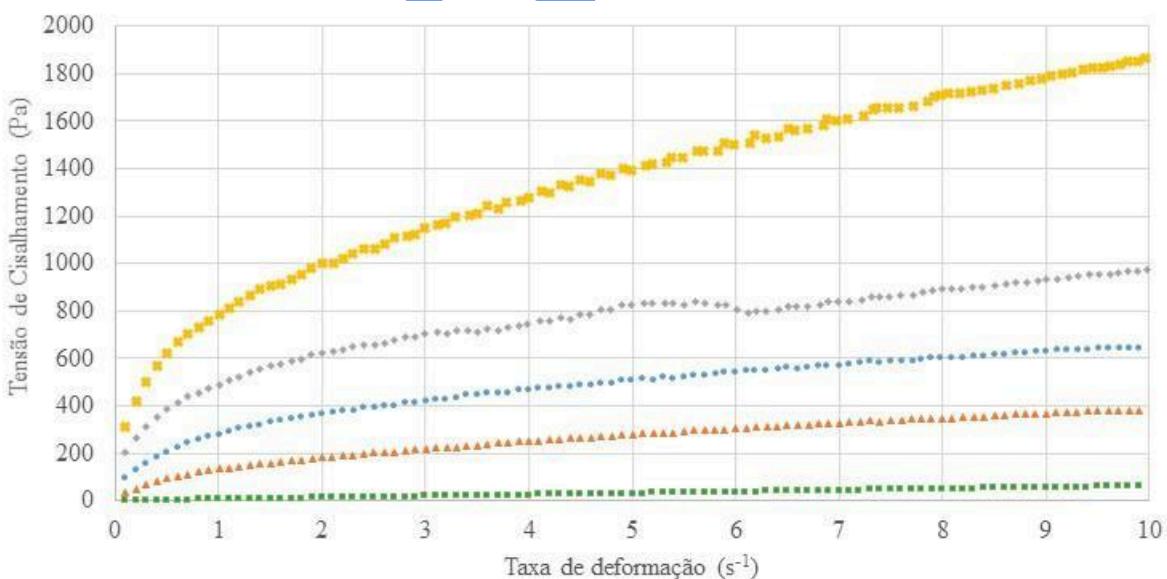
alto peso molecular, como proteínas e açúcares complexos, e à formação de estruturas cristalinas de D-glucose monohidratada (Faustino & Pinheiro, 2021; Hartel, Ergun & Vogel, 2011).

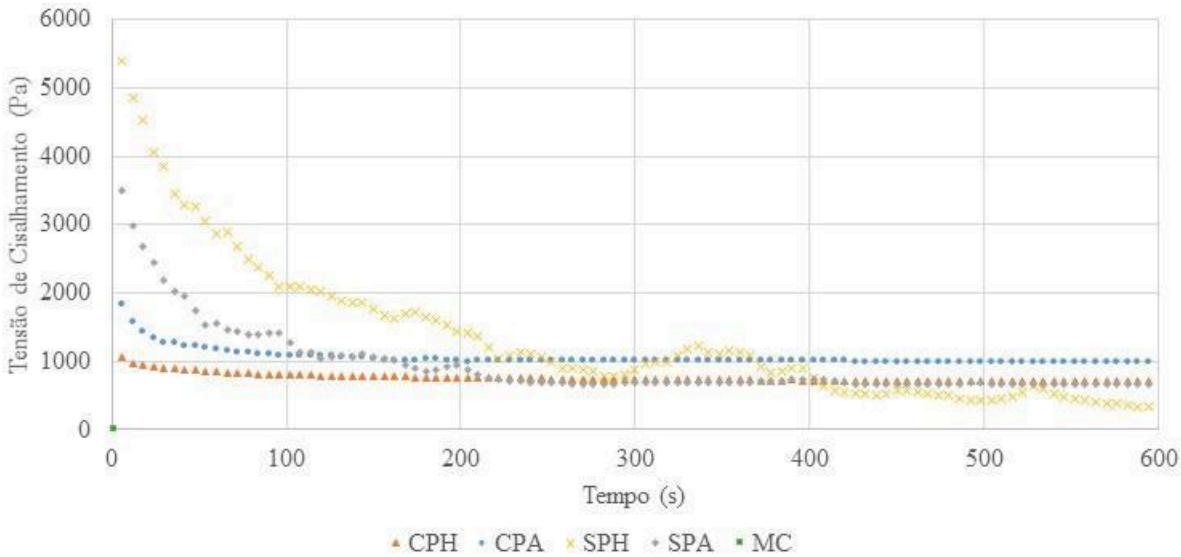
As amostras sem pasteurização apresentaram menor teor de água, o que favorece a concentração desses componentes estruturantes. Isso se reflete nos valores dos coeficientes obtidos pelo modelo de Weltman ($R^2>0.8$ e $RMSE<173.7$). A amostra SPA apresentou o maior valor absoluto do coeficiente B (531.01 ± 18.81 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 ± 5.92 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, portanto, 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. Além disso, a interação entre as amostras não foi significativa ($P>0.05$). A maior área de tixotropia foi observada em SPH (5647 ± 821 Pa·s), indicando uma estrutura que se rompe mais facilmente sob deformação, enquanto CPH apresentou menor área de tixotropia (373 ± 81 Pa·s), sugerindo uma estrutura mais resistente à ruptura. Este 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.

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} ($n=3$).





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.

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, aparência, à impressão global e à intenção de compra, a amostra de CPH diferiu significativamente ($P < 0,05$) das demais. As médias obtidas para este 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 batedeira planetária durante a etapa de homogeneização resultou num produto de qualidade sensorial superior.

Tabela 4. Aceitação dos atributos sabor, textura, aparência e impressão global e intenção de compra dos méis cremosos produzido 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 ($n = 132$)

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
<i>P(F)</i>	<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.

Ao passo que SPA, CPA e SPH não diferiram entre si ($P > 0,05$), para textura, para impressão global e para intenção de compra. As médias destes tratamentos situaram-se entre os termos hedônicos

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

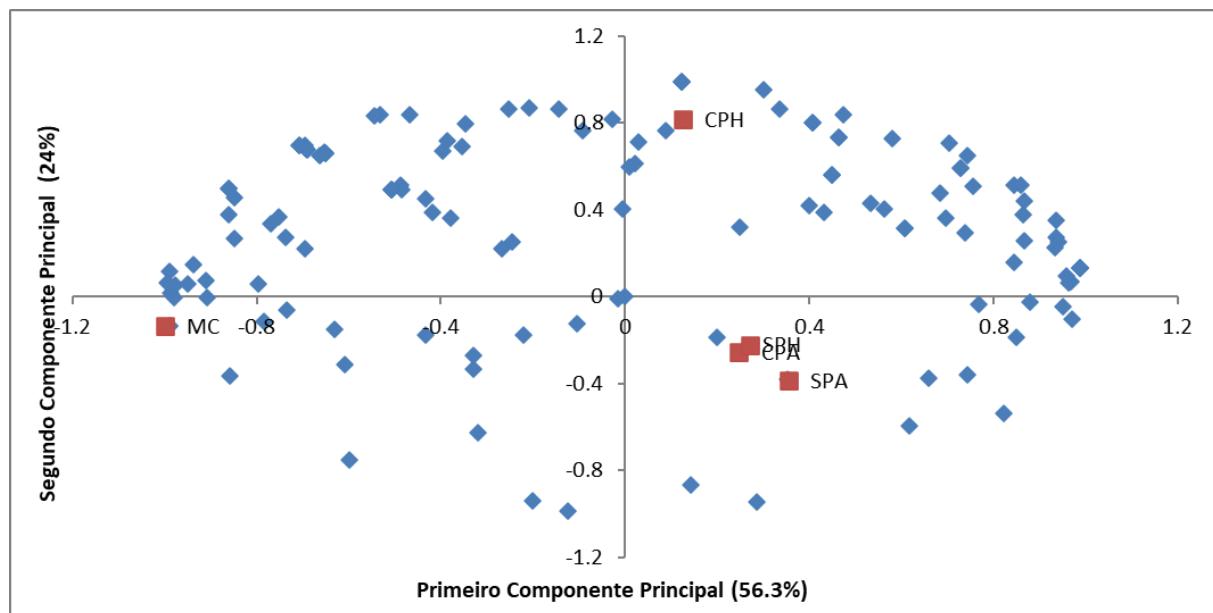
Em relação ao atributo sabor, a amostra SPA não diferiu significativamente ($P > 0,05$) em relação às amostras de CPH, CPA e SPH, estando situada entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”. A amostra CPH diferiu significativamente ($P < 0,05$) das amostras CPA e SPH, e essas não 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 naturalmente 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. Além disso, 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 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 daos 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 considerada uma porcentagem adequada para diferenciar as amostras em termo de aceitação.

Figura 2 – Mapa de Preferência Interno dos dados de aceitação da impressão global de cada consumidor com os dois componentes principais e dispersão das amostras de méis em relação à aceitação pelos consumidores



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, 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 o tratamento com pasteurização resultou em maior teor de água e a_w , quando comparado ao tratamento sem pasteurização.

No que se refere às análises reológicas, verificou-se que o mel do tratamento com pasteurização apresentou alterações nas características de escoamento e na textura em decorrência da pasteurização, o que influenciou diretamente nas propriedades sensoriais. Esse mel apresentou 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 estas 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 reconhecem, com gratidão, à FAPEMIG pelo financiamento desta pesquisa (processo: APQ-03935-22) e pelo apoio às bolsas de iniciação científica. Agradecemos 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.

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. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877401000346>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. 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. *Rev. Biol. Cienc. Terra*, v.6, p.51-55, 2006.
- 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. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/10942919909524606>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.1080/10942919909524606>
- BRASIL. (2000). Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. Instrução Normativa nº 11, de 20 de Outubro de 2000. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Brasília, 1997. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 out. 2000. Seção I, p. 16 A.

CANI, P. C. Doce Mel. EMATER – ES. p. 5, 12. 1998. Disponível em: <<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2169/1/BRT-docemel-Emater.pdf>>. Acesso em Mai. 4, 2025.

CARVALHO, H. H.; JONG, E. V. de; BELLÓ, R. M.; et al., Alimentos: Métodos físicos e químicos de análise. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 180p, 2002.

CHAIKHAM, P.; PRANGTHIP, P. Alteration of antioxidant properties of longan flower-honey after high pressure, ultra-sonic and thermal processing. Food Bioscience, v.10, p. 1-7. 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429215000048>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.01.002>

CHEN, Y.; LIN, C.; WU, F.; CHEN, 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. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4530.2007.00227.x>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00227.x>

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION STANDARDS. Codex Standard for Honey. 2001.

DE 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, 2008. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/271>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <http://dx.doi.org/10.3895/S1981-36862008000100006>

DYCE, E.J. 1975. Producing finely granulated or creamed honey. In: Honey (edited by Eva Crane). Crane, Russak and Company, Inc. NY

ESCOBAR, A. L. S., XAVIER, F. B. Propriedades fitoterápicas do mel de abelhas. Revista Uningá, [S. l.], v. 37, n. 1, p.1-14, 2013.

FAEB. Brasil produziu 46 milhões de toneladas de mel em 2021, aponta associação. Disponível em: <<https://sistemafaeb.org.br/brasil-produziu-46-milhoes-de-toneladas-de-mel-em-2021-aponta-associacao/#>>. Acesso em: Jun. 12, 2023. 2022.

FAUSTINO, C.; PINHEIRO, L. Analytical Rheology of Honey: A State-of-the-Art Review. Foods, n. 10, p. 1–40, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/10/8/1709>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/foods10081709>.

FAUZI, N. A., FARID, M. M. & SILVA, F. V. 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. Disponivel em: <<https://doi.org/10.1007/s11947-013-1204-7>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: [10.1007/s11947-013-1204-7](https://doi.org/10.1007/s11947-013-1204-7).

GONNET, M. Honey liquefaction, pasteurization, and induced crystallization. Apiacta; an international technical magazine of apicultural and economic information, 1977.

HARTEL, R. W., & SHAstry, A. V. (1991). Sugar crystallization in food products. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 30(1), 49-112. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408399109527541>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.1080/10408399109527541>

HARTEL, R. W., ERGUN, R., & VOGEL, S. (2011). Phase/state transitions of confectionery sweeteners: Thermodynamic and kinetic aspects. Comprehensive reviews in food science and food

safety, 10(1), 17-32. Disponível em: <<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4337.2010.00136.x>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00136.x>

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4^a ed. (1^a Edição digital), p. 321-343, 2008.

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, n. 150, p. 90–98, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877414004245>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.10.004>

LOUVEAUX, J., MAURIZIO, A. and VORWOHL, G. (1978) Methods of Melissopalynology. *Bee World*, 59, 139-154. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/0005772X.1978.11097714>

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, p. 48, 2022. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/12/1/48>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/foods12010048>

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. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tec-nologia de Alimentos, Campinas/SP, 2017.

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*, 31 (2023), 1-10. Acesso em: Jul. 19, 2025. 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, p. 986, 2023. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/12/5/986>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/foods12050986>

SERETI,V., LAZARIDOU,A., TANANAKI, C., & BILIADERIS,C.G. (2021). Development of a cotton honey-based spread by controlling compositional and processing parameters. *Food Biophysics*, 16(3), 365-380. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11483-021-09677-9>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.1007/s11483-021-09677-9>

SURIWONG, V.; JATURONGLUMLERT, S.; VARITH, J.; NARKPRASOM, K.; NITATWICHIT, C. Crystallisation behaviour of sunflower and longan honey with glucose addition by absorbance measurement. *International Food Research Journal*, v. 27, n. 4, p. 727-734, 2020. Acesso em: Jun. 8, 2025.

SURIWONG, V.; JATURONGLUMLERT, S. 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. Acesso em: Jun. 8, 2025.

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. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619308453>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.047>

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, p. 110316, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877420304040>>. Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110316>

VIDAL, M. F. Mel natural: cenário mundial e situação da produção na área de atuação do BNB. *Caderno Setorial ETENE*, v.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: Nov. 14, 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. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713504001999>> Acesso em: Mai. 4, 2025. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.09>.

Early