

# MEL RESIDUAL DE AROEIRA COMO ADJUNTO NA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL: ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA, SENSORIAL E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

## *RESIDUAL AROEIRA HONEY AS AN ADJUNCT IN CRAFT BEER PRODUCTION: PHYSICOCHEMICAL, SENSORY AND ANTIOXIDANT ACTIVITY ANALYSIS*

Warley Moura Siqueira<sup>1</sup>, Janete Maria da Silva Alves<sup>1</sup>, Henrique Maia Valeiro<sup>1</sup>, Narciso Ferreira dos Santos Neto<sup>1</sup>, Rodolpho César dos Reis Tinini<sup>1</sup>, Veronica de Melo Sacramento<sup>1</sup>, Vanessa de Andrade Royo<sup>1</sup>, Luciano Fernandes de Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros - MG -Brasil.

<sup>2</sup> Faculdades Santo Agostinho de Montes Claros - FASA.

### Resumo

**Introdução:** O mel, por ser rico em compostos bioativos e minerais, enriquece a produção de cervejas artesanais, visto que eleva a quantidade de açúcares fermentáveis, teor alcoólico e aroma, resultando em bebidas mais leves e suaves em comparação às feitas com açúcares refinados. **Objetivos:** Objetivou-se, neste estudo, utilizar o mel residual de aroeira, proveniente da água de limpeza dos equipamentos da cadeia produtiva de méis da Cooperativa dos Apicultores e Agricultores Familiares do Norte de Minas, como adjunto para produzir três cervejas artesanais e verificar suas propriedades físico-químicas, sensoriais e capacidade antioxidante. **Metodologia:** Foram produzidas três cervejas sendo as quantidades de adjunto: 0%, 12,5% e 25% de adjunto, além de malte, lúpulo e levedura, conforme Instrução Normativa nº 65 (Brasil, 2019). Como controle foi investigada uma cerveja industrial, Colorado Appia. Mediram-se pH, grau Brix e densidade com refratômetro de densidade, e o teor alcoólico foi determinado conforme o Instituto Adolfo Lutz (2008). Análises sensoriais foram realizadas com questionários para consumidores voluntários de cerveja, e a capacidade antioxidante foi avaliada pelo método DPPH. **Resultados:** As análises físico-químicas ficaram dentro dos parâmetros esperados para cervejas artesanais. As cervejas com adjunto apresentaram superioridade em capacidade antioxidante (EC50) e para aprovação sensorial, não ocorreram diferenças estatísticas no teor alcoólico. **Conclusões:** Notou-se que a utilização do mel residual na produção de cerveja otimizou a cadeia produtiva do mel, evitando desperdícios, promovendo sustentabilidade e resultando em um produto artesanal de alta qualidade.

**Palavras-chave:** Mel de aroeira; Adjunto cervejeiro; Cerveja artesanal; Análises físico-químicas; Capacidade antioxidante.

## *Abstract*

**Introduction:** Honey, being rich in bioactive compounds and minerals, enhances the production of artisanal beers by increasing fermentable sugar content, alcohol levels, and aroma, resulting in lighter and smoother beverages compared to those made with refined sugars. **Objectives:** This study aimed to use residual aroeira honey, obtained from the cleaning water of equipment in the honey production chain of the Cooperativa dos Apicultores e Agricultores Familiares do Norte de Minas, as an adjunct to produce three artisanal beers and to evaluate their physicochemical properties, sensory attributes, and antioxidant capacity. **Methodology:** Three beers were produced with adjunct proportions of 0%, 12.5%, and 25%, along with malt, hops, and yeast, following the Normative Instruction No. 65 (Brazil, 2019). As a control, the commercial beer Colorado Appia was analyzed. pH, Brix, and density were measured using a density refractometer, and alcohol content was determined according to the Adolfo Lutz Institute (2008). Sensory analyses were conducted using questionnaires completed by voluntary beer consumers, and antioxidant capacity was evaluated using the DPPH method. **Results:** The physicochemical analyses were within the expected parameters for artisanal beers. Beers containing honey adjuncts demonstrated superior antioxidant capacity (EC50), and no statistical differences were observed in alcohol content. Sensory evaluation revealed no significant differences in consumer approval. **Conclusions:** The use of residual honey in beer production optimized the honey production chain, reduced waste, promoted sustainability, and resulted in a high-quality artisanal product.

**Keywords:** Aroeira honey; Brewing adjunct; Craft beer; Physicochemical analyses; Antioxidant capacity.

Recebido em: 11-09-2024

Publicado em: 16-05-2025

### *Autor correspondente*

*Veronica de Melo Sacramento*

*Endereço: Universidade Estadual de Montes Claros.*

*Av. Prof. Rui Braga, s/n, Vila Mauriceia, CEP: 39401-089, Montes Claros, MG, Brasil.*

*Email: veronica.sacramento.2014@gmail.com*

## 1. Introdução

A região Norte e Noroeste de Minas Gerais é uma grande produtora de méis e está situada no ecossistema de Mata Seca onde é encontrado o mel de melato de aroeira, que pode ser obtido a partir do néctar das flores, porém devido à escassez de flores durante a seca, as abelhas utilizam o néctar da aroeira e o melato, um líquido doce resultante do processamento da seiva da planta principalmente por pulgões e cochonilhas, que adicionam enzimas específicas, modificando os açúcares do mel. Este, ao contrário do mel convencional, possui coloração escura, é menos adocicado e não cristaliza<sup>1,2</sup>.

O mel de aroeira apresenta características diferenciadas que são encontradas em poucos méis no mundo, como por exemplo o de Manuka, produzido apenas na Nova Zelândia e que também apresenta propriedades medicinais. As propriedades medicinais desse mel, assim como o de aroeira, estão relacionadas à alta concentração de compostos fenólicos, que são produzidos pela planta em resposta a situações de estresse<sup>3,4</sup>.

Dentre as características gerais dos méis destaca-se que é uma solução concentrada de açúcares com predominância de glicose e frutose, além de mistura complexa de outros carboidratos, enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, minerais, substâncias aromáticas, pigmentos e grãos de pólen, podem conter cera de abelhas proveniente do processo de extração<sup>4</sup>.

O mel por ter grande valor nutricional, e ser rico em minerais e outras substâncias, é um excelente adjunto na

produção de cervejas, o uso proporciona a elevação de açúcares fermentáveis e substâncias aromáticas no mosto, originando uma cerveja final menos encorpada, com maior teor alcoólico e com sensação mais suave durante a degustação, em comparação com cervejas elaboradas com açúcar<sup>5,6</sup>.

No Brasil, a produção de cerveja é regulamentada pela Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) nº 65, de 10 de dezembro de 2019. Essa norma estabelece os padrões de identidade e qualidade para a cerveja e seus diferentes tipos, definindo como ingredientes obrigatórios a água potável, o malte de cevada, o lúpulo e a levedura. Além desses, é permitido o acréscimo de até 45% de adjuntos em relação ao extrato principal. Com a introdução do Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) nessa normativa, foram ampliadas as possibilidades de reconhecimento de diversas categorias de cervejas no Brasil, incluindo aquelas que utilizam produtos de origem animal, desde que sejam aptos para o consumo humano<sup>7</sup>.

Os consumidores tradicionais de cerveja têm começado a explorar novos sabores e a apreciar atributos sensoriais distintos das cervejas convencionais. A possibilidade de ampliar experiências deve-se, em parte, ao uso de adjuntos, que permitem a produção de cervejas com cores mais vibrantes, aromas e sabores específicos, além de uma maior variedade de produtos com características especiais<sup>8</sup>.

A cerveja é uma importante fonte de polifenóis, sejam aqueles presentes no malte ou no lúpulo<sup>9</sup>, como potenciais agentes anti ou pró-oxidantes,

precursores de sabor, agentes aromatizantes e interativos com outros constituintes da cerveja, eles influenciam características essenciais da qualidade da bebida: sabor, cor, estabilidade coloidal e estabilidade do sabor<sup>10</sup>.

Neste estudo, pretendeu-se agregar valor ao mel residual da cadeia produtiva da Cooperativa dos Apicultores e Agricultores Familiares do Norte de Minas (COOPEMAPI) que seria descartado, utilizou-se água contendo o mel residual de aroeira como adjunto na produção de cervejas artesanais estilo *Sugar Beer*, realizou-se análises físico-químicas para averiguação das normas para consumo, investigou-se a capacidade antioxidante e as qualidades sensoriais que possivelmente foram ocasionadas pelos compostos fenólicos presentes no mel, estes parâmetros foram comparados também com a marca comercial líder de mercado cerveja Colorado Appia.

## 2. Metodologia

### Obtenção do adjunto cervejeiro

O adjunto cervejeiro trata-se da mistura da água e dos resíduos de mel aderidos ao tanque (água residual) proveniente da higienização do tanque de decantação e de homogeneização utilizado na manipulação do mel de aroeira, que foi coletada no entreposto da Cooperativa dos Apicultores e Agricultores Familiares do Norte de Minas (COOPEMAPI), em Bocaiúva, Minas Gerais. Durante o processo de limpeza dos equipamentos, a água, tratada, potável e livre de cloro, proveniente da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa), foi utilizada para enxaguar os recipientes. O resíduo remanescente, contendo mel residual, foi então aproveitado como

adjunto na produção de cerveja.

### Composição inicial das cervejas

O processo da produção da cerveja artesanal foi realizado pelo método *Brew in a Bag* (BIAB), que proporciona a possibilidade de brasagem com apenas uma panela automatizada (Single Vessel Cerveja Fácil - ML20G2, 20L) com controle de rampas de temperatura, agregando maior eficiência e controle das etapas produtivas da cerveja, como parada proteica e ativações e inativações enzimáticas do processo produtivo.

As matérias primas usadas para a produção da cerveja foram: adjunto cervejeiro (água de mel residual de aroeira coletada na COOPEMAPI), Malte Pilsen (Agrária), Malte de Trigo Les Maltiers, Wheat Malt, Malte Château Pale Ale Les, lúpulo Hallertau Hersbrucker T90 em Pellet, (LNF 2,4% Alfa ácido - Safra 2018), levedura (Fermento Safbrwe S-33 Fermentis), fornecidos pela Casa Nobre Brew Shop - Montes Claros - MG.

Foram produzidos 20L de cada uma das três cervejas, toda a produção seguiu as recomendações da Instrução Normativa nº65, de 10 de dezembro de 2019, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)<sup>7</sup> conforme tabela 1.

Para cada uma das amostras de cerveja, foi comum a quantidade de lúpulo (30g) e de fermento S33 (11,5g) (S33 Fermentis).

### Processo de produção das cervejas

Durante a mostura, que é o processo de mistura do malte moído com água aquecida, deve-se controlar a temperatura para a otimização da ação

enzimática. As amostras de cervejas foram produzidas seguindo os mesmos protocolos de mostura, conforme Tabela 2.

**TABELA 1. Formulações da receita utilizando água de mel residual de aroeira como adjunto parcial ao malte.**

Amostras (adjunto em %)	Malte moído (kg)	Adjunto (água de mel residual de aroeira) (L)	Quantidade de água (L)
01-(0%)	4,0	0	33,0
02-(12,5%)	3,5	5,55	27,5
03-(25%)	3,0	11,15	21,9

Fonte: Autores

**TABELA 2. Rampas de temperaturas utilizadas na produção das cervejas.**

Rampa de temperatura	Temperatura °C	Tempo
Rampa 01 Adição dos maltes	53	<i>Mash in</i>
Rampa 02 Parada proteica	50	30 min.
Rampa 03 β-Amilase	66	45 min.
Rampa 04 α-Amilase	75	15 min.

Fonte: Autores

Após isso, fez-se o processo de fervura, de acordo com a Tabela 3 e a adição dos lúpulos ao mosto com duração de 60 minutos. O processo de fervura possibilitou a esterilização do mosto e o trabalho sensorial da cerveja pela adição do lúpulo, podendo conferir amargor ou aroma.

Após a fervura, realizou-se o resfriamento do mosto à 22°C, e inoculou-se o fermento, dando início ao processo fermentativo da cerveja a 19°C

**TABELA 3. Passos da fervura e adição de lúpulos**

Quantidade (g)	Lúpulo	Tempo (min)
-	-	0
10	Hallertau Hersbrucker T90	30
20	Hallertau Hersbrucker T90	55

Fonte: Autores

### Análises físico-químicas

Para garantir que a cerveja esteja em conformidade com padrões de identidade e qualidade estabelecidos pela Instrução Normativa N° 65, MAPA<sup>7</sup>, fez-se: a determinação do pH por meio do medidor digital, (modelo GM-60), a medição do grau Brix, densidade e análise de graduação alcóolica, para essas utilizou-se refratômetro duplo com escala de grau Brix e escala SG de gravidade específica e densidade (modelo RZ 120, ATC).

Os resultados obtidos durante as análises físico-químicas das amostras das três cervejas foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk pelo teste ANOVA e o teste de Tukey, com 5% probabilidade.

- Análise da graduação alcóolica

As análises realizadas abrangeram a densidade do mosto durante o período de fermentação nas seguintes condições:

a) a densidade inicial (OG) de densidade original, para a determinação da quantidade de substâncias fermentáveis

e não fermentáveis após a fervura e antes do início da fermentação;

b) a densidade durante a fermentação (SG), a qual relaciona a densidade de substâncias (açúcares em geral) e a densidade da água;

c) a densidade final do mosto (FG), medida após a fermentação ter sido finalizada, quando a densidade do mosto não se alterou por mais de dois dias.

De posse dos dados da densidade inicial (OG), junto aos dados da densidade final (FG), aplicou-se a equação de Papazian, o que possibilitou determinar o teor alcóolico das cervejas produzidas<sup>11</sup>.

$$\text{Teor alcóolico (\%)} = 131,25 * (OG - FG)$$

- Extrato real (Er)

Para análise do extrato real em porcentagem, foi aplicada a metodologia<sup>11</sup> do Instituto Adolfo Lutz, 2008.

A determinação do extrato real foi realizada pela pesagem do resíduo seco, resultante de um volume de 10 mL das

cervejas que foram submetidas à evaporação por estufas de secagem e dessecador. O valor obtido após a pesagem foi utilizado na equação seguinte::

$$\frac{100 \times P}{V} = Er \% (m/v)$$

Onde:

P = massa do resíduo (g)

V = volume da amostra (mL)

- Extrato primitivo (Ep)

O extrato primitivo foi obtido por meio de cálculo envolvendo os valores de teor alcoólico e extrato real, segundo a fórmula de Balling<sup>11</sup>.

$$Ep \% (m/m) = \frac{[(P \times 2,066) + Er] \times 100}{[100 + (P \times 1,066)]}$$

Onde:

P = % de álcool em peso

Er = % extrato real.

### Análises sensoriais

Participaram da pesquisa 40 voluntários dispostos efetivamente para a análise sensorial das cervejas, que demandou atenção e disponibilidade durante um tempo. Os voluntários corresponderam a uma amostra representativa de consumidores potenciais, com o intuito de obter uma avaliação diversificada e robusta das características sensoriais das bebidas. Os voluntários eram os frequentadores comuns presentes no restaurante Quintal Avenida, situado na cidade de Montes Claros-MG em 21 de outubro de 2021 das 19:00h às 23:00h, sendo potencialmente consumidores de cerveja não treinados. O convite para participação do teste de análise sensorial

das cervejas foi feito por meio de abordagem direta aos clientes que frequentaram o restaurante na data e horário especificados anteriormente. Todos os voluntários assinaram a ficha teste, atestando serem maiores de idade, assim como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)<sup>12</sup>.

O projeto foi submetido a Plataforma Brasil e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual De Montes Claros-MG (UNIMONTES), sob número de registro CAAE - 45227421.5.0000.5146 e parecer final-4.667.835.

Dentre as amostras disponibilizadas para avaliação foi adicionada a amostra 04, cerveja comercial produzida com mel, líder de mercado no segmento - Colorado Appia, para que houvesse um padrão comparativo entre as amostras produzidas com mel residual de aroeira outra produzida industrialmente.

As amostras foram identificadas com numeração aleatória, de forma a impossibilitar a identificação das cervejas pelos voluntários, cada participante consumiu no máximo de 250 mL de cerveja ao final do experimento.

Na análise sensorial, foi avaliada a aceitação global das cervejas, utilizando-se o método sensorial afetivo, por meio de escala hedônica de 5 pontos, em que o ponto 1 correspondia a “gostei muito” e o ponto 5 a “detestei” de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008)<sup>11</sup>.

### Determinação da capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi determinada utilizando o método espectrofotométrico de captura de

radicais 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH)<sup>13</sup>. Diversas concentrações das amostras de cervejas 01, 02, 03 e cerveja comercial (04) foram testadas. Fez-se a mistura com 3,0 mL de uma solução etanólica de DPPH a 40,0 µg.mL<sup>-1</sup>, agitou-se e as manteve no escuro por 30 minutos. A absorvância foi medida a 517 nm utilizando um espectrofotômetro (Shimadzu UV-Vis 2550). Os testes foram realizados em triplicata, e a substância padrão foi o ácido gálico.

A capacidade antioxidante foi calculada<sup>14</sup> utilizando a equação linear e o valor de EC<sub>50</sub> (a concentração necessária para inibir 50% do radical DPPH).

### 3. Resultados

#### Produção das cervejas e análises físico-químicas

- Processo de produção

O processo fermentativo ocorreu em duas etapas: a fase primária ocorreu em sete dias com monitoramento diário da temperatura de fermentação a 19°C, com formação de etanol e gás carbônico;

e, foi posteriormente realizada a fase de maturação da cerveja a frio, durante cinco dias a 10°C.

Não foi realizado *priming*, as cervejas foram carbonatadas pelo método de carbonatação forçada em garrafas pet (*Growler*), com o auxílio de um carbonatador de garrafas *pet*.

A água contendo mel residual de aroeira, coletada por meio do processo de higienização dos equipamentos na linha produção de mel da COOPEMAPI, demonstrou potencial como adjunto no processo de elaboração de cervejas, pois o grau Brix foi 9%, densidade 1,035g/mL e o pH 4,5 o que configura excelente fonte de açúcares.

A utilização do adjunto, neste experimento, possibilitou 100% de aproveitamento do resíduo do mel processado na COOPEMAPI.

A média dos resultados obtidos após as análises físico-químicas (ABV, Er e Ep) de cada uma das amostras de cerveja produzidas com: 0%, 12,5% e 25% da água contendo mel residual de aroeira como adjunto, de acordo com a Tabela 4.

TABELA 4. Resultados das análises físico-químicas das cervejas elaboradas com adjunto.

Amostras	ABV	Extrato Real	Extrato Primitivo
Cerveja-01 0% Adjunto	2,1**	3,8**	4,08**
Cerveja-02 12,5% adjunto	2,65**	3,0**	4,08**
Cerveja-03 25% Adjunto	3,28**	2,4**	3,82*

Fonte: Autores

ABV = Variação de teor alcóolico

\*Apresenta diferença estatística a nível de 5% de significância no teste de Tukey.

\*\* Não apresenta diferença estatística a nível de 5% de significância no teste de Tukey.

As cervejas produzidas não apresentaram diferenças estatísticas quanto à variação do teor alcoólico (ABV).

A amostra 01 foi caracterizada como estilo *Weiss*, enquanto as amostras 02 e 03 pertencem ao estilo *Sugar Beer*.

Vale ressaltar que na amostra 03, a água contendo o resíduo do mel de aroeira foi utilizada na concentração máxima permitida pela Instrução Normativa<sup>7</sup> N°65 de dezembro de 2019, de 25% de adjunto de origem animal.

Após a análise estatística do extrato real, de acordo com a Tabela 04, verificou-se

que não houve diferença estatística significativa entre as amostras analisadas, porém, observa-se que a cerveja 01 apresentou o maior valor de extrato real em relação as amostras 02 e 03.

### Análises Sensoriais

De acordo com os resultados obtidos por meio da pesquisa sensorial, pode-se observar que não foram encontradas diferenças estatísticas com 5% de significância para o teste Chi-quadrado de Pearson, de acordo com a Tabela 5.

TABELA 5. Resultados das análises sensoriais: porcentagem de aceitação de cada cerveja testada.

	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Amostra 04
Sensorial	0%	12,5%	25%	Comercial Appia
Gostei muito	13** (32,5%)	10** (25%)	14 ** (35%)	12 ** (30%)
Gostei moderadamente	11** (27,5%)	21** (52,5%)	16** (40%)	22 ** (55%)
Indiferente	6** (15%)	5** (12,5%)	4** (10%)	5 ** (12,5%)
Não gostei	10** (25%)	3** (7,5%)	6** (15%)	1 ** (2,5%)
Detestei	0** (0%)	1** (2,5%)	0** (0%)	0 ** (0%)

\* Apresenta diferença estatística de 5 % de significância para o teste Chi-quadrado de Person

\*\* Não apresenta diferença estatística significância para o teste Chi-quadrado de Person

Embora não tenha ocorrido diferença significativa entre as amostras analisadas, a cerveja com 25% e com 12,5% de adjunto se destacaram entre os julgadores que declaram gostar muito e gostar moderadamente, respectivamente. A cerveja que demonstrou pior desempenho foi a cerveja com 0% de adjunto.

#### **Determinação da capacidade antioxidante**

Os valores de  $EC_{50}$  para as amostras produzidas com 0%, 12,5%, 25% de adjunto foram respectivamente iguais a 0,08425  $mg.mL^{-1}$ , 0,07892  $mg.mL^{-1}$ , 0,07812  $mg.mL^{-1}$ , para a amostra industrial foi 0,02960  $mg.mL^{-1}$ .

O melhor resultado antioxidante foi referente à amostra 04 (comercial), já entre as produzidas artesanalmente (02 e 03) o desempenho antioxidante foi melhor que a amostra 01 (contendo 0% de adjunto), sendo essa uma cerveja de trigo.

#### **4. Discussão**

A cerveja é uma das bebidas mais antigas da humanidade, com produção e consumo amplamente difundidos, é a terceira bebida mais consumida globalmente. A composição básica da cerveja inclui água, malte, lúpulo e fermento, embora diversos estilos possam incorporar ingredientes adicionais além do tradicional malte de cevada<sup>15</sup>. Tais adjuntos podem aumentar os níveis de compostos bioativos, melhorando a qualidade nutricional e conferindo novas propriedades sensoriais à cerveja<sup>16</sup>.

#### **Produção das cervejas e análises físico-químicas**

Durante o processo fermentativo, é importante atentar-se às etapas visto que, durante a fase de maturação, há clarificação e a melhora do odor e sabor proporcionados pela redução da concentração de diacetil, acetaldeído e ácido sulfídrico, bem como o aumento do teor de éster<sup>17</sup>.

Como não ocorreu o descarte de mel em um sistema de filtros, e posteriormente em sumidouro como habitualmente acontece, isso proporcionou a redução do desperdício gerado durante a higienização dos equipamentos, contribuindo para a preservação ambiental ao diminuir a carga orgânica poluidora dos efluentes gerados.

O fato de substituir parcialmente o malte de cevada e aproveitar a disponibilidade de matérias-primas no mercado local, muitas vezes, reduz os custos de produção, além de proporcionar diferentes fatores sensoriais para a cerveja<sup>16</sup>.

O uso de adjuntos em forma líquida e açucarados tem ampla aplicação por não necessitarem sofrer hidrólise enzimática, por serem prontamente fermentáveis. A aplicação desses adjuntos gera redução dos custos com insumos e energia para produção, configurando uma nova técnica de produção chamada de processo de alta densidade, que proporciona aplicação em qualquer nível da produção, sem alteração dos carboidratos do mosto<sup>18</sup>.

Embora não tenha ocorrido uma diferença significativa nas análises

estatísticas entre as amostras analisadas, observou-se que a adição da água residual contendo o mel de aroeira, proporcionou a elevação do teor alcoólico das amostras de cerveja 02 e 03, em relação à amostra 01 contendo 0% de adjunto.

Os padrões de qualidade e identidade para os produtos de cervejarias, bem como os parâmetros analíticos aceitos para as cervejas produzidas industrialmente ou artesanalmente são estabelecidos por instrução normativa que as classifica como: cerveja sem álcool (<0,5%), cervejas com teor alcoólico reduzido (0,5 a 2,0%) e cervejas padrão (2,0 a 5,4%)<sup>7</sup>.

Os estilos observados para as três cervejas produzidas são diferentes visto que a amostra 01 (*Weiss*) apresenta resíduos fermentativos e açúcares não fermentáveis, que pode influenciar no corpo da cerveja. No Brasil, é popularmente conhecida como cerveja de trigo, com cor clara, espuma menos densa, aspecto refrescante e usualmente baixo teor alcoólico<sup>19</sup>; já as amostras 02 e 03 pertencem ao estilo *Sugar Beer*, tendo apenas parte de sua receita base composta por malte de trigo<sup>20</sup>. Essa característica pode ter redundado em uma cerveja menos encorpada, devido à presença do adjunto que reduziu a quantidade de partículas sólidas que dão origem ao extrato real inicial da cerveja.

Nota-se que o teor alcoólico sofre influência do adjunto, no caso a amostra 03 possui maior teor alcoólico, de acordo com a Tabela 4, devido à alta quantidade de açúcares fermentáveis presentes neste e pela ação das leveduras presentes na fermentação<sup>5</sup>.

O valor do extrato real em porcentagem pode variar conforme o adjunto utilizado,

isto corrobora o valor obtido para as cervejas superior a 3%, consideradas cervejas de boa qualidade<sup>21</sup>.

O cálculo do extrato real<sup>22</sup> permitiu indicar a quantidade de ingredientes que não foram transformados em álcool no processo fermentativo, e foram encontrados como resíduos proporcionando cor, estabilidade de espuma, corpo e sabor à cerveja.

Após a análise estatística do extrato primitivo, conforme Tabela 04, observou-se que a cerveja 03 apresentou resultados estatisticamente significativos em relação às cervejas 01 e 02 quanto à quantidade de substâncias dissolvidas ao extrato real do mosto. Vale ressaltar que o adjunto foi resultante da água de higienização dos equipamentos, o que configura o mel residual como uma solução.

O extrato primitivo e a quantidade de substâncias dissolvidas (extrato) do mosto que deu origem à cerveja, deve ser sempre maior ou igual a 5,0% em peso<sup>22</sup>, não se aplicando a cervejas Maltas, cervejas sem álcool, com teor alcoólico reduzido e cervejas Malzebier.

De acordo com o Regulamento Técnico do Mercosul de Produtos de Cervejaria<sup>22</sup>, as cervejas cujo extrato primitivo seja maior ou igual a 5% e menor que 10,5% em peso, são consideradas cervejas leves, ao considerar os resultados encontrados para as amostras contendo 0%, 12,5% e 25% de adjunto que não atingiram 5% em peso leva à categorização das cervejas, como leves.

### Análises Sensoriais

Acredita-se que o bom desempenho das cervejas com adjunto (amostra 02 e 03) possa ser influenciado pelo estilo da

cerveja testada que apresenta, baixo amargor e aroma de lúpulo, o que facilita o consumo por pessoas não acostumadas a cervejas mais marcantes, assim como o tipo de fonte de mel pode influenciar as características sensoriais da cerveja<sup>16</sup>.

Consta na literatura que consumidores comuns não possuem a mesma percepção sensorial ao ser comparada com uma equipe de provadores treinados e capazes de identificar defeitos como sabores e defeitos presentes nas cervejas. Além disso, hipoteticamente, estudiosos propõem que há variáveis moderadoras que influenciam a relação sensorial e subjetiva do consumidor comum como: o conhecimento da composição da cerveja, estímulos visuais relacionados à propaganda e aos rótulos, entre outros<sup>23</sup>.

O equilíbrio nos resultados das análises sensoriais das amostras das cervejas contendo adjunto em relação à amostra comercial líder de mercado, indica um potencial comercial para as cervejas produzidas com mel residual de aroeira.

#### **Determinação da capacidade antioxidante**

Ao analisar os resultados de  $EC_{50}$  das amostras, verificou-se que a cerveja comercial tem a melhor capacidade antioxidante, porém, o presente estudo não consegue determinar quais as concentrações exatas da receita base da cerveja comercial devido ao sigilo de produção da empresa, isso pode ser inferido a partir da sua composição que possui mel, cevada e trigos maltados que podem originar diversos polifenóis<sup>16</sup>.

Os melhores resultados para  $EC_{50}$  entre as cervejas artesanais foram para

amostra 02 e 03. Em conformidade com esses resultados, estudos presentes na literatura sobre cervejas especiais que utilizam alimentos naturais como adjuntos indicam que a amostra de cerveja contendo mel apresentou um valor de  $EC_{50}$  comparável ao da amostra comercial. O mel, um alimento natural amplamente reconhecido, apesar de sua composição altamente variável, contém uma abundância de metabólitos que podem melhorar a capacidade antioxidante da cerveja, particularmente devido à presença de compostos fenólicos, como ácidos fenólicos e flavonoides<sup>24</sup>.

Pode-se inferir que o acréscimo do adjunto neste estudo (água residual de mel de aroeira proveniente do processo de higienização dos equipamentos) pode possibilitar valores de  $EC_{50}$  menores que a amostra sem adjunto.

Os resultados positivos obtidos pelas cervejas contendo mel residual devem ser interpretados com cautela, pois o método de DPPH pode estar sujeito a variações ao longo do tempo e, conseqüentemente, a aplicação de diferentes protocolos pode dificultar a comparação direta dos resultados<sup>25</sup>.

#### **5. Conclusões**

A utilização de mel residual na produção de cervejas promoveu a otimização da cadeia produtiva do mel, permitindo o aproveitamento quase total do mel processado na cooperativa. Esse aproveitamento reduz o desperdício gerado durante a higienização dos equipamentos, contribuindo para a preservação ambiental ao diminuir a carga orgânica poluidora dos efluentes gerados. Além disso, agrega economia ao processo de produção no mercado

cervejeiro e gera ganhos econômicos ao utilizar mel que antes era descartado pelas cooperativas.

As cervejas elaboradas com a água de mel residual de aroeira como adjunto demonstraram excelentes resultados das análises físico-químicas investigadas, uma vez que as cervejas atenderam aos parâmetros estipulados pela Instrução Normativa N° 65, 10 de dezembro de 2019.

Além disso, a capacidade antioxidante foi melhor nas amostras contendo adjunto em relação àquela sem adjunto, o que pode ter contribuído para uma aceitação sensorial superior, visto que na composição havia mel, isso destaca o potencial dessas cervejas para possível comercialização no mercado.

## 6. Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses, tais como propostas de financiamento, emissão de pareceres, promoções ou participação em comitês consultivos ou diretivos, entre outras, que pudessem influenciar no desenvolvimento do trabalho.

## 7. Referências

1. VIANA, F. R.; DO CARMO, L. S.; BASTOS, E. M. A. F. **Antibacterial activity of Aroeira honeys produced in Minas-Gerais against bacteria of clinical importance.** Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 40, p. 1-4, 2018.

2. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF. **Mel típico da Mata Seca será destaque em evento de apicultura no**

**Norte de Minas.**

3. PENA JUNIOR, D. S.; ALMEIDA, C. A.; SANTOS, M. C. F.; FONSECA, P. H. V.; MENEZES, E. V.; DE MELO JUNIOR, A. F.; et al. **Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Minas Gerais (Brazil).** PLoS One, v. 17, n. 1, 2022.

4. ROYO, V. D. A.; OLIVEIRA, D. A. D.; VELOSO, P. H. F.; SACRAMENTO, V. D. M.; OLIMPIO, E. L. A.; SOUZA, L. F. D. et al. **Physicochemical profile, antioxidant and antimicrobial activities of honeys produced in Minas Gerais (Brazil).** Antibiotics, v. 11, p. 1429, 2022.

5. BRUNELLI, T. L.; MANSANO, R. A.; FILHO, V. G. W. **Caracterização físico-química de cerveja elaborada com mel.** Brazilian Journal Food Technology, v. 17, n. 1, p. 1-11, 2019.

6. LOPES, R. K. L. da C.; et al. **Elaboração e caracterização físico-química de cerveja artesanal tipo Pilsen com adição de mel de engenho.** In: CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS: PESQUISA E PRÁTICAS CONTEMPORÂNEAS - Volume 2. Editora Científica Digital, 2021. p. 494-502.

7. BRASIL. Instrução N. 65, de 10 de dezembro de 2019. **Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ Gabinete da Ministra, Brasília, DF, 12 dez. 2019.

8. BRITO E.R., OLIVEIRA J.R., NOGUEIRA M.A., COSTA M.M., PINHEIRO E.E.G., CALDAS M.J.M., SODRÉ G.S., SILVA S.M.P.C. **Utilização de mel e cardamomo como aditivos na produção de cerveja artesanal e análise sensorial.** In: OPEN SCIENCE RESEARCH X. Editora Científica Digital, 2023. p. 114-125.

9. PITITTO, A. B.; MORAES, F. C.; FERREIRA, G. R. **O lado saudável do consumo de bebida alcoólica.** Revista USP, v. 96, p. 55-68, 2012.
10. WANNENMACHER, J.; GASTL, M.; BECKER, T. **Phenolic substances in beer: Structural diversity, reactive potential and relevance for brewing process and beer quality.** Institute of Food Technologists, Munich, 2018 Jun.
11. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos.** 4ª ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
12. SOUZA, M. K.; et al. **Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE): fatores que interferem na adesão.** ABCD. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (São Paulo), v. 26, p. 200-205, 2013.
13. RUFINO, M. S.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 128).
14. MBAEBIE, B. E.; EDEOGA, H. O.; AFOLAYAN, A. J. **Phytochemical analysis and antioxidant activities of aqueous stem bark extract of Schotia latifolia Jacq.** Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, v. 2, n. 2, p. 118-124, 2012.
15. DOS SANTOS, W. B.; et al. **Frutas do cerrado como adjuntos cervejeiros.** In: ÁRVORES, PLANTAS E FRUTOS DO CERRADO: APLICAÇÕES E POSSIBILIDADES. Editora Científica Digital, 2024. p. 205-224.
16. CADENAS, R.; et al. **Brewing with starchy adjuncts: Its influence on the sensory and nutritional properties of beer.** Foods, v. 10, n. 8, p. 1726, 2021.
17. LUZ, J. M. S. de S.; MEDEIROS, N. C. de; MOTA, R. de O.; SIMÕES, A. da S. **Análise das causas de uma anomalia no processo de fermentação em uma indústria cervejeira.** Brazilian Journal of Business, v. 1, n. 3, p. 1029-1048, 2019.
18. D'AVILA, R. F.; LUVIELMO, M. M.; MENDONÇA, B. R. C.; JANTZEN, M. M. **Adjuntos utilizados para produção de cerveja: característica e aplicações.** Estudos Tecnológicos em Engenharia, v. 8, n. 2, p. 60-68, 2012.
19. ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. **A química da cerveja.** Revista Quim Nova, v. 37, p. 98-105, 2015.
20. BONACCORSI, M.; MANZALI, M. **Guia de estilos de cervejas. Brazilian Judge Certification Program (BJCP).** SENAI. Departamento Regional do Estado do Rio de Janeiro, Tecnologia Cervejeira. SENAI. Agrária, Centro de Tecnologia SENAI Alimentos e Bebidas, 2015.
21. PINTO, L. I. F.; ZAMBELLI, R. A.; SANTOS JUNIOR, E. C.; PONTES, D. F. **Desenvolvimento de cerveja artesanal de acerola e abacaxi (Malpighia emarginata D.C e Ananas comosus L. Merrill).** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 10, n. 4, p. 67-71, 2015.
22. MERCOSUL. **Resolução GMC N° 45/96. Regulamento Técnico Mercosul de Produtos de Cervejaria.** Grupo Mercado Comum, 1996.
23. HABSCHIED, K.; KRSTANOVIC, V.; MATANJEVIC, K. **Beer Quality Evaluation- A Sensory Aspect.** Beverages, v. 8, n. 1, p. 15, 2022.

24. NARDINI, M.; FODDA, M. **Phenolics profile and antioxidant activity of special beers**. *Molecules*, v. 25, n. 11, p. 2466, 2020.

25. OLIVEIRA, G. L. S. **Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH: estudo de revisão**. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 17, n. 1, p. 36-44, 2015.