

PROCESSO CERVEJEIRO

**A. A. Melo¹ ; C. F. R. Aguiar¹ ; I. M. Mellinger¹ ; I. M. Valério¹ ; I. S. Colombani¹ ;
J. L. M. Souza¹ ; D. A. R. de Castro¹.**

¹ Graduandos em Engenharia Química, Universidade Federal do Amazonas (UFAM) – Manaus/AM

E-mails: caio.aguiar.1@ufam.edu.br, lexmelo.88@gmail.com,
imesquitamellinger@gmail.com, isabelle.colombani@ufam.edu.br,
ivanlerio.mv@gmail.com, Mourajoseleandro4@gmail.com, douglas.castro@ufam.edu.br

O processo de produção da cerveja é complexo e possui diversas tangentes quando se refere ao produto final. Por exemplo, a depender da empresa, são usadas diferentes matérias primas que alteram o aroma, o teor alcoólico, amargor e sabor. Nesse sentido, a fim de conhecer mais sobre a diversidade que engloba o setor cervejeiro e compreender o desenvolvimento heterogêneo das indústrias, buscaram-se artigos em periódicos que apresentassem essa pluralidade do processo cervejeiro.

Palavras-chave: Processo Cervejeiro; Diversidade, Sabor; Aroma; Artigos.

INTRODUÇÃO

A cerveja é um produto de consumo em massa desde o século XIX, impulsionada pela Revolução Industrial (Hornsey, 2003). Desde então, o setor cervejeiro tem se caracterizado por diversos processos produtivos que afetam as percepções sensoriais do produto final, tais como o aroma, o teor alcoólico e o sabor, com o objetivo de inovar o mercado. Um dos pilares da qualidade sensorial da cerveja é o amargor, um atributo definido primordialmente durante a etapa de fervura pela conversão de α -ácidos em iso- α -ácidos, mas que também sofre influência de polifenóis e óleos de lúpulo ao longo de toda a produção (Klimczak; Cioch-Skoneczny, 2022).

Além do controle do amargor, a preservação de componentes aromáticos, como ésteres e álcoois voláteis, tem sido um desafio técnico, principalmente na produção de cervejas não alcoólicas. Estudos indicam que métodos biológicos e processos de osmose reversa são mais eficazes na manutenção dessas características na cerveja (Schreff, 2026).

Paralelamente, existem outras pesquisas que, visando à inovação no mercado das cervejas artesanais, incorporam ingredientes funcionais, como a *Physalis peruviana* L. liofilizada, que não apenas agrega valor nutricional, mas também eleva as propriedades antioxidantes da bebida (Rinaldi et al., 2022).

Partindo desse cenário, no qual a ciência e a inovação caminham juntas para garantir a qualidade final e o crescimento da cerveja na indústria, este trabalho tem

por objetivo analisar a dinâmica do amargor nos processos produtivos, avaliar métodos de preservação aromática em bebidas não alcoólicas e investigar a viabilidade técnica da adição de frutos liofilizados como alternativa para a criação de produtos inovadores e funcionais.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, foram selecionados documentos acerca dos processos de fabricação da cerveja, sua evolução tecnológica e sensorial ao longo dos séculos desde a sua criação, incluindo análises sobre novos tipos de bebidas com sabores variados devido à adição de ingredientes fora do padrão original de fabricação. A pesquisa foi realizada por meio da consulta a periódicos nacionais disponibilizados pelo Portal de Periódicos CAPES.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O artigo intitulado "Brewing of craft beer enriched with freeze-dried cape gooseberry: a promising source of antioxidants", desenvolvido por Rinaldi, Montanher e Johann (2022), investiga a viabilidade e os efeitos da incorporação de *physalis* (*Physalis peruviana* L.) liofilizada na produção de cerveja artesanal. O estudo fundamenta-se na expansão do mercado de cervejas artesanais e na busca por inovação sensorial e nutricional através das chamadas "fruity beers", que utilizam frutas para conferir sabores distintos e propriedades

nutraceuticas. A escolha da *physalis* justifica-se por seu perfil rico em proteínas e antioxidantes, embora sua sazonalidade represente um desafio para o uso industrial contínuo, o que torna a técnica de liofilização uma alternativa estratégica para garantir o estoque e preservar os compostos bioativos do fruto.

A metodologia empregada envolveu a produção de uma base de cerveja utilizando malte Pilsen (3,2 kg) e malte de trigo (1,3 kg), submetidos a processos de mosturação com rampas de temperatura variando de 55 °C a 75 °C, seguidos de filtração e fervura por 60 minutos. Durante a fervura, foram adicionados lúpulos Magnum e Perle para conferir amargor e aroma. A inovação do processo residiu na adição da *physalis* liofilizada e moída durante a etapa de fermentação (após atingir 75% desta fase), em três concentrações distintas: 20 g/L (T1), 40 g/L (T2) e 60 g/L (T3), além de uma amostra controle sem fruta. Após a fermentação a 18 °C e maturação a 1 °C, as bebidas foram envasadas com adição de solução de açúcar para carbonatação (priming).

Os resultados demonstraram que a adição do fruto influenciou significativamente as propriedades físico-químicas da bebida final. Observou-se que o aumento na concentração de *physalis* resultou em uma redução do pH e em um aumento proporcional da Acidez Total Titulável (ATT), devido à extração de ácidos orgânicos do fruto, o que contribui para a estabilidade microbiológica da cerveja. Além disso, o teor alcoólico apresentou um incremento de até 45% na formulação T3 em relação ao controle, evidenciando que os açúcares fermentáveis da *physalis* liofilizada atuam como adjuntos, substituindo parcialmente o malte na produção de álcool. Visualmente, a cor da cerveja migrou de tons claros para mais escuros (atingindo 21,46 EBC em T3), efeito atribuído aos carotenoides presentes no fruto. A turbidez também aumentou significativamente com a adição da polpa liofilizada, variando de 4,98 a 103,67 NTU.

No que diz respeito ao perfil mineral e funcional, as cervejas enriquecidas apresentaram níveis elevados de minerais essenciais, com destaque para o potássio, que atingiu concentrações de até 1154,30 mg/L, além de fósforo, enxofre e magnésio. O aspecto mais relevante do estudo foi o aumento do Teor de Compostos Fenólicos Totais (CFT) e da atividade antioxidante, medidos pelos ensaios DPPH e ABTS. A formulação T3 apresentou 318,62 mg EGA/L de compostos fenólicos, demonstrando que a quebra das paredes celulares do fruto durante a liofilização facilitou a liberação dessas substâncias no líquido. Embora compostos voláteis como acetato de etila e

álcool isoamílico tenham sido detectados, sua formação não foi estritamente proporcional à adição da fruta, sugerindo origem em outras etapas fermentativas. Em suma, conclui-se que a *physalis* liofilizada é um ingrediente viável e inovador para o setor cervejeiro, capaz de elevar substancialmente o valor nutricional e as características funcionais da cerveja artesanal.

Já no artigo “Changes in beer bitterness level during the beer production process” de Krystian Klimczak e Monika Cioch-Skoneczny, é apresentado o conhecimento sobre as substâncias amargas encontradas nos cones de lúpulo e descrito as mudanças em sua concentração no mosto durante o processo de produção.

Segundo os autores, o lúpulo é o ingrediente prioritário na produção de cerveja entre todos os outros tipos de aromatizantes. E, os seus componentes mais importantes são as resinas e os óleos essenciais. Até recentemente, acreditava-se que as substâncias presentes na fração de óleos essenciais do lúpulo forneciam apenas aroma; entretanto, há relatos sugerindo que elas podem aumentar o nível percebido de amargor e modificar seu caráter, tornando-o mais intenso.

Ao utilizar lúpulo fresco, os iso- α -ácidos podem ser responsáveis por cerca de 70% do amargor da cerveja, embora esse valor dependa fortemente do tipo de cerveja. Para quantificar a escala de amargor da cerveja, foi desenvolvida nas décadas de 1950–60 a escala International Bitterness Units (IBU). Isso levou à necessidade de um método rápido e simples para quantificar o potencial de amargor da cerveja que é o IBU, envolvendo a extração das substâncias amargas da cerveja com iso-octano acidificado, seguida da medição da absorbância. Ainda assim, diversos fatores alteram a percepção do amargor pelo consumidor. Logo, até o momento, não existe um método internacionalmente aceito capaz de reproduzir completamente o nível real de amargor percebido.

Foi observado, também, que há mudanças no nível de amargor durante o processo de produção da cerveja. Pois, mesmo que o lúpulo possa ser adicionado em qualquer etapa da produção da cerveja, ele é principalmente acrescentado durante a fervura e durante ou após a fermentação. Adicioná-lo durante a fervura é o método tradicional, responsável por conferir o nível desejado de amargor e quanto menor o tempo de fervura, mais os óleos essenciais são preservados e maior o aroma. Outro método é o *dry hopping* que não é utilizado para modificar o

amargor, mas extrair compostos voláteis capazes de fornecer à cerveja um aroma intenso e marcante. Já quando o mosto é fervido com lúpulo, ocorre a isomerização dos α -ácidos em iso- α -ácidos. Assim, α -ácidos que não eram amargos transformam-se em iso- α -ácidos amargos.

Ademais, a temperatura, o pH, o teor de açúcar, a água, resinas duras, a quantidade e o tipo de lúpulo são outros fatores que têm grande influência no amargor da cerveja. Durante a fermentação, por exemplo, ocorre redução significativa do amargor percebido devido à diminuição da concentração de iso- α -ácidos. Até ao armazenar a cerveja pode ocorrer degradação dos compostos responsáveis pelo amargor, especialmente em condições inadequadas.

Em termos sensoriais, o teor de polifenóis também é um fator importante, pois pode afetar claramente os parâmetros de qualidade da cerveja, conferir propriedades antioxidantes e alterar o nível percebido de amargor. Por isso, McLaughlin e colaboradores (2008) realizaram um estudo envolvendo a adição de quantidades específicas de polifenóis e/ou iso- α -ácidos à cerveja. Nele, perceberam que as cervejas às quais foram adicionados polifenóis apresentaram maior nível de amargor, descrito como persistente.

Com isso, nota-se que o artigo pontua os diversos fatores que podem influenciar no amargor da cerveja, principalmente por meio das alterações no lúpulo.

Além disso, o artigo “Impacto de Diferentes Métodos de Produção de Componentes Aromáticos Seleccionados em Cervejas Não Alcoólicas Desenvolvendo um Método HS-SPME GC-MS”,

CONCLUSÃO

Por fim, conclui-se, a partir da análise dos três artigos escolhidos, que o desenvolvimento da cerveja requer que a ciência e a inovação caminhem lado a lado, garantindo a qualidade final e o crescimento do produto na indústria. Os estudos realizados analisaram a maneira em que ingredientes não-tradicionais trazem alternativas interessantes para o mercado, além do modo em que impactam a produção da cerveja quanto à sua amargura. Ademais, trouxeram análises em como o setor industrial à medida que busca inovações que otimizem e torne sua produção padronizada, também compreende e pesquisa a opinião do consumidor final.

Dessa forma, o presente trabalho foi importante para abranger os conhecimentos quanto a multiplicidade do setor cervejeiro, que concilia inovação e

redigido por Annsophie Schreff et al, envolve a análise do aroma e sabor de cervejas não alcoólicas em diferentes processos de desalcoolização. No contexto do trabalho acadêmico, foram utilizadas MB, Lager e Wizen, as quais foram submetidas a dois tipos de processos: fermentação limitada e leveduras especiais para as bebidas biologicamente produzidas, com a manipulação de lúpulos e seus PHs em aquecedores; osmose reversa com um módulo de osmose reversa e desalcoolização termal com um módulo de retificação para as produções físicas. Essas análises e alterações foram feitas a partir da utilização da técnica de Microextração em Fase Sólida no Headspace acoplada à Cromatografia Gasosa com Espectrometria de Massas (HS-SPME GC-MS), para o isolamento e identificação dos componentes aromáticos, os quais foram precisamente calculados e avaliados por uma série de especialistas na degustação de cervejas de 0 (aroma pouco presente) à 3 (alta intensidade do aroma). Os resultados mais satisfatórios foram encontrados nas bebidas biologicamente processadas através de osmose reversa e lúpulos especiais com maltose negativa, uma vez que são mais suscetíveis à retenção de funções como álcoois e ésteres em sua natureza orgânica e em seu metabolismo, responsáveis por grande parte dos componentes aromáticos característicos das cervejas não alcoólicas. Enquanto isso, as conclusões da desalcoolização termal foram a perda dessas funções, apaziguando os componentes aromáticos procurados.

otimização de processos ao mesmo tempo. Além disso, o conhecimento obtido sobre essa produção não se restringe à indústria cervejeira, uma vez que os princípios analisados podem ser aplicados à compreensão dos diversos processos envolvidos na fabricação de diferentes produtos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao professor Douglas Castro por nos conceder a oportunidade e fomentar o desejo de pesquisar sobre temas que englobam a Engenharia Química.

REFERÊNCIAS

HORNSEY, I. S. A **History of Beer and Brewing**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2003.

KLIMCZAK, K.; CIOCH-SKONECZNY, M. **Factors affecting the bitterness of beer: a review.** Food Chemistry, v. 373, p. 131473, 2022.

RINALDI, M. et al. **Incorporation of lyophilized Physalis peruviana L. in craft beer: physicochemical, antioxidant and sensory evaluation.** Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 75, p. 102890, 2022.

SCHREFF, T. **Non-alcoholic beer production: a comparative study on biological methods and reverse osmosis for aroma preservation.** Journal of Brewing Science, v. 79, n. 2, p. 112-120, 2026

MCLAUGHLIN IR, LEDERER C, SHELLHAMMER TH (2008) **Bitterness modifying properties of hop polyphenols extracted from spent hop material.** J Am Soc Brew Chem 66:174–183