

Influência do Extrato de Lúpulo nas Propriedades Físico-químicas e Sensoriais de Cervejas Artesanais

Influence of Hop Extract on the Physical-chemical and Sensory Properties of Craft Beers

Influencia del Extracto de Lúpulo en las Propiedades Físico-químicas y Sensoriales de Cervezas Artesanales

Resumo

O *Humulus Lupulus Linnaeus* é amplamente utilizado na fabricação de cervejas por suas propriedades aromáticas e de amargor. Tradicionalmente, o lúpulo em *pellet* é incorporado à bebida, mas gera resíduos sólidos e demanda filtração. Caso o lúpulo em *pellet* seja trocado por sua forma em extrato, que apresenta resinas e óleos essenciais com maior pureza, sem taninos e resinas duras, pode-se reduzir significativamente a massa e o volume da matéria-prima, o que resulta em custos de transporte mais baixos. Assim sendo, este trabalho propôs a extração dos compostos de lúpulo das variedades *Citra* e *Hallerthau Herkules* por hidrodestilação, visando substituir o *pellet* e avaliar o impacto nas características físico-químicas e sensoriais da cerveja. Foram produzidos dois lotes de *American Pale Ale*, um com extrato de lúpulo e outro com *pellet*. As análises físico-químicas da cerveja produzida com o extrato proporcionaram uma turbidez menor, teor alcoólico adequado e pH consistente, mas teve amargor abaixo do ideal. Em contraste, a cerveja com *pellet* apresentou amargor em conformidade com o BJCP e uma intensidade sensorial mais adequada ao estilo da *American Pale Ale*. A análise sensorial destacou a relevância do extrato na acentuação dos aromas e dos *pellets* na intensificação do sabor e do amargor, ambos importantes para atender às preferências dos consumidores. Concluiu-se que o uso de extrato de lúpulo é uma alternativa viável, promovendo produção mais limpa e com realce sensorial.

Palavras-chave: amargor; aroma; turbidez.

Abstract

Humulus Lupulus Linnaeus is widely used in beer production due to its aromatic and bittering properties. Traditionally, hop pellets are incorporated into the beverage, but they generate solid residues and require filtration. If hop pellets are replaced by their extract form, which has resins and essential oils with greater purity, without tannins and hard resins, the mass and volume of the raw material can be significantly reduced, which results in lower transportation costs. Therefore, this work proposed the extraction of hop compounds from the *Citra* and *Hallerthau Herkules* varieties by hydrodistillation, aiming to replace the pellet and evaluate the impact on the physical-chemical and sensorial characteristics of the beer. Two batches of *American Pale Ale* were produced, one with hop extract and the other with pellets. The physical-chemical analyses of the beer brewed with the extract provided lower turbidity, adequate alcohol content, and consistent Ph but had below-ideal bitterness. In contrast, the beer with pellets presented bitterness under the BJCP and a sensory intensity more suited to the *American Pale Ale* style. The sensory analysis highlighted the relevance of the extract in accentuating aromas and the pellets in intensifying flavor and bitterness, both relevant to meeting consumer preferences. It was concluded that hop extract use is a viable alternative, promoting cleaner production with improved sensorial properties.

Keywords: Bitterness; Aroma; Turbidity.

Marielli Bett

Centro Universitário UniSatc,
Criciúma, Santa Catarina,
Brasil
marielibett1@gmail.com



Aline Resmini Melo

Centro Universitário UniSatc,
Criciúma, Santa Catarina,
Brasil
aline.melo@satc.edu.br



Débora de Pellegrin Campos

Centro Universitário UniSatc,
Criciúma, Santa Catarina,
Brasil
debora.campos@satc.edu.br



Carolina Resmini Melo Marques

Centro Universitário UniSatc,
Criciúma, Santa Catarina,
Brasil
carolina.melo@satc.edu.br



Resumen

El Humulus Lupulus Linnaeus es ampliamente utilizado en la producción de cervezas por sus propiedades aromáticas y de amargor. Tradicionalmente, el lúpulo en pellet es incorporado a la bebida, pero genera residuos sólidos y demanda filtración. Caso el lúpulo en pellet sea cambiado por su forma en extracto, que presenta resinas y aceites esenciales con mayor pureza, sin taninos y duras resinas, se puede reducir significativamente la masa y el volumen de la materia-prima, lo que resulta en costes de transporte más bajos. Siendo así, este trabajo propuso la extracción de los compuestos de lúpulo de las variedades Citra y Hallerthau Herkules por hidroddestilación, objetivando sustituir el pellet y evaluar el impacto en las características físico-químicas y sensoriales de la cerveza. Fueron producidos dos lotes de American Pale Ale, un con extracto de lúpulo y otro con pellet. Los análisis físico-químicos de la cerveza producida con el extracto ofreció una menor turbidez, contenido de alcohol adecuado y pH consistente, pero tuvo amargor de acuerdo con el BJCP y una intensidad sensorial más adecuada al estilo de la American Pale Ale. El análisis sensorial enfocó la importancia del extracto en la acentuación de los aromas y de los pellets en la intensificación del sabor y del amargor, ambos importantes para atender a las preferencias de los consumidores. Se concluyó que el uso de extracto de lúpulo es una opción viable, promoviendo producción más limpia y con realce sensorial.

Palabras clave: Amargor; Aroma; Turbidez.

1 Introdução

A cerveja artesanal é uma vertente da produção cervejeira e vem ganhando cada vez mais destaque no mercado consumidor. Diferente da produção em grande escala, as cervejarias artesanais valorizam a utilização de ingredientes de alta qualidade, buscando oferecer produtos únicos e distintos. Nesse contexto, o lúpulo desempenha um papel fundamental na definição do perfil sensorial da cerveja, contribuindo com amargor, aroma e estabilidade (Inui *et al.*, 2013; Venturini, 2016).

Segundo Inui *et al.* (2013), o lúpulo em *pellet* é uma forma concentrada deste ingrediente, contendo altos teores de α -ácidos, os quais são responsáveis pelo amargor. Essa forma é amplamente utilizada nas cervejarias devido à sua praticidade de armazenamento e dosagem, além de proporcionar uma extração eficiente dos compostos desejados no processo de fervura. No entanto, uma desvantagem do lúpulo em *pellet* é a geração de resíduos durante a produção, que podem contribuir para a turbidez da bebida (Goirs *et al.*, 2002).

Uma opção promissora para explorar novas possibilidades na cerveja e diminuir a quantidade de resíduos gerados é o uso do extrato de lúpulo como ingrediente. O extrato permite a obtenção eficiente dos compostos voláteis e das resinas do lúpulo, utilizando métodos como hidroddestilação, destilação a vapor ou extração com CO₂ supercrítico. Essas técnicas preservam os compostos aromáticos, que podem conferir notas variadas à cerveja, incluindo cítricas, amadeiradas, picantes e frutadas (Hieronymus, 2019; Müller, 2021).

Portanto, a condução deste estudo se justifica pela necessidade de inovação e otimização nos processos produtivos da cerveja artesanal, uma indústria que cresce exponencialmente e que exige constante aprimoramento. Nesse contexto, o objetivo é avaliar a influência do extrato de lúpulo nas propriedades físico-químicas e sensoriais da cerveja, comparando-o ao lúpulo em *pellet*.

A hipótese é que, se os resultados forem favoráveis, a adoção do extrato poderá eliminar a etapa de filtração – atualmente necessária para remover resíduos sólidos e, conseqüentemente, reduzir a turbidez. A metodologia incluiu a hidroddestilação para extrair o óleo essencial e as resinas do lúpulo em *pellet*, seguida pela produção das cervejas. As análises físico-químicas foram realizadas por testes laboratoriais, enquanto as diferenças sensoriais foram avaliadas por degustações com avaliadores treinados.

2 Fundamentação Teórica

Neste item será abordada a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento deste trabalho, apresentando tópicos sobre as características da planta, bem como seus tipos comerciais e os compostos químicos de interesse.

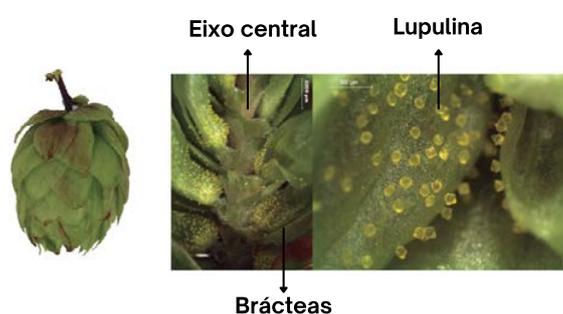
2.1 Lúpulo

O *Humulus Lupulus Linnaeus*, pertencente à família *Cannabaceae*, é considerado a alma da cerveja, por contribuir com suas características organolépticas, derivadas de ácidos orgânicos, óleos essenciais, resinas e compostos polifenólicos (Hieronymus, 2019).

De acordo com Almaguer *et al.* (2014), o lúpulo é categorizado como uma planta perene e trepadeira, com capacidade de alcançar entre 5 e 7 metros de altura e possuir um ciclo de cultivo superior a 40 anos. Apesar da existência dos dois sexos (dióicos), apenas as plantas femininas são usadas na produção de cerveja, por causa da sua capacidade exclusiva de secretar lupulina (Spósito *et al.*, 2019).

A flor do lúpulo contém folhas e um cone, que pode variar de 2,5 a 5 cm. Nas brácteas (Fig. 1), encontram-se as glândulas de lupulina, a qual armazena grandes quantidades de resinas (α e β -ácidos) e óleos voláteis, variando conforme as condições de cultivo. Esses componentes conferem ao lúpulo propriedades diversas, como ação anti-inflamatória, antibacteriana e antioxidante (Durello; Silva; Bogusz Júnior; 2019; Hieronymus, 2019).

Figura 1 - Estrutura do lúpulo



Fonte: Adaptado de Spósito *et al.* (2019)

O lúpulo é sensível às condições ambientais, florescendo idealmente em temperaturas moderadas entre 8 e 10 °C, e requerendo exposição solar de cerca de 15 horas diárias. Além disso, o solo usado para cultivo deve ser profundo, fértil e ter um pH de 6 a 7,5 (Hieronymus, 2019).

Por ser uma erva originária das zonas temperadas do hemisfério norte, apresenta melhores desempenhos em países como Estados Unidos e Alemanha. No Brasil, a área plantada não passa de 20 hectares distribuídos nas regiões Sul e Sudeste. Apesar das novas tecnologias de cultivo, o clima ainda é um impasse para o seu desenvolvimento, fazendo com que o país dependa, sobretudo, de importações para atender à crescente demanda cervejeira (Spósito *et al.*, 2019).

Os cones de lúpulo são colhidos dentro de três meses após a floração, no final do verão ao início do outono. Posteriormente, eles são secos em estufas, embalados a vácuo, armazenados em temperaturas baixas e protegidos da luz para evitar que os compostos se oxidem. Após todas essas etapas, o lúpulo está pronto para venda (Spósito *et al.*, 2019).

2.2 Tipos comerciais de lúpulo

Segundo Venturini *et al.* (2016), muitos derivados do lúpulo são utilizados no mercado cervejeiro. Entretanto, existem três formas que se destacam nesse meio: *in natura*, em *pellet* e na forma de extrato (Fig. 2). Essas diferentes modalidades de tipos comerciais impactam diretamente na qualidade e no perfil sensorial da cerveja.

Figura 2 - Lúpulo na forma *in natura* (a), *pellet* (b) e extrato (c)



Fonte: Elaboração própria (2024)

2.2.1 *In natura*

Uma das aplicações mais simples e diretas do lúpulo *in natura* é a técnica conhecida como *dry-hopping*, em que os cones de lúpulo são adicionados diretamente à cerveja durante o processo de maturação, para intensificar os aromas florais e frutados da cerveja. Porém, o grande volume e a complexidade do controle de qualidade são alguns dos problemas envolvidos nesse processo (Venturini *et al.*, 2016).

Assim sendo, a prensagem de folhas é uma maneira alternativa de transportar o lúpulo *in natura* de forma mais eficiente, sem comprometer a integridade das glândulas de lupulina. Esse método reduz o volume dos cones pela metade, tornando-os mais fáceis de transportar e armazenar (Hieronymus, 2019).

2.2.2 *Pellet*

No mercado atual, o modo mais comum desse tipo comercial do lúpulo são os *pellets*. O processo de peletização envolve a moagem do lúpulo em baixas temperaturas, seguida pela prensagem, até atingir um tamanho específico. Essa moagem contribui para a ruptura da lupulina, acelerando o processo de isomerização durante a produção de cerveja. Essa modalidade visa reduzir o volume do lúpulo para facilitar o transporte, ao mesmo tempo que preserva suas características originais (Mega; Neves; Andrade, 2011).

Existem dois principais tipos de *pellets*: T90 e T45. No primeiro, é retido cerca de 90 % dos componentes não resinosos encontrados no cone de lúpulo. Já o segundo é produzido com o intuito de concentrar os ácidos e os óleos de lúpulo, removendo parte da porção fibrosa do cone e enriquecendo com lupulina, resultando em um produto com 45 % dos componentes não resinosos originais (Venturini *et al.*, 2016).

2.2.3 *Extrato*

O extrato líquido apresenta resinas e óleos essenciais com maior pureza, sem taninos e resinas duras. Em comparação com os outros métodos apresentados, ele se diferencia pelo fato de reduzir, significativamente, a massa e o volume da matéria-prima, o que resulta em custos de transporte mais baixos. Entretanto, o custo por IBU (International Bitterness Units) pode ser mais elevado (Hieronymus, 2019; Katono; Yonezawa; Inui, 2021).

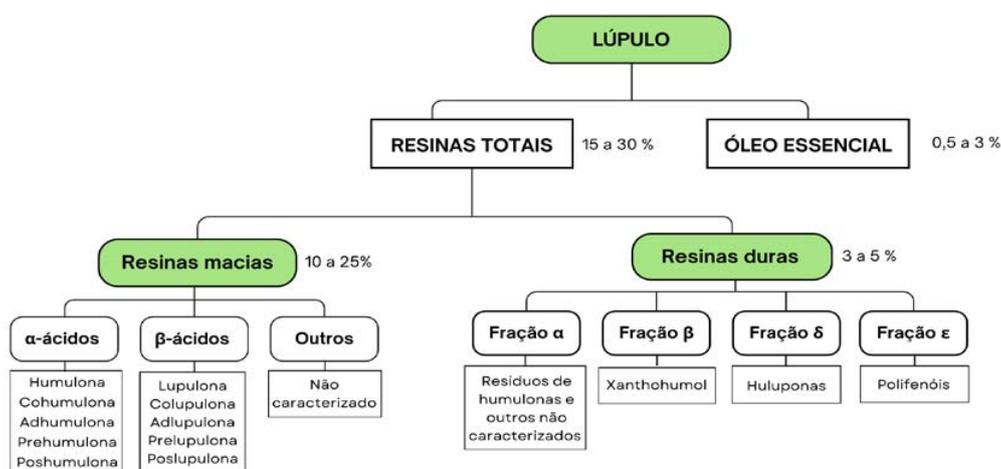
A hidrodestilação é um método amplamente reconhecido para extração em escala laboratorial. No processo de aquecimento, os compostos voláteis são conduzidos até o condensador, onde retornam ao estado líquido por troca de calor. O óleo essencial, menos denso que a água, é separado na superfície e coletado no tubo de saída, enquanto a fase aquosa é recolhida separadamente. Este método não requer purificação, podendo alcançar altos rendimentos. Outros métodos utilizam solventes orgânicos, como hexano e metanol, para extrair diversos componentes do lúpulo, além do óleo essencial. Para obter produtos de alta qualidade, o extrato bruto geralmente passa por purificação, envolvendo solventes adicionais e procedimentos mais complexos (Katono; Yonezawa; Inui, 2021; Venturini *et al.*, 2016).

2.3 Compostos químicos do lúpulo

Conhecer os compostos presentes no lúpulo é essencial para selecionar a variedade adequada e alcançar o perfil sensorial desejado para cada estilo de cerveja. As variedades de lúpulo geralmente são classificadas com base no alto ou baixo teor de α -ácidos e β -ácidos, podendo ser lúpulo de amargor ou aroma, respectivamente. Existem, ainda, lúpulos de amargor com quantidades significativas de compostos aromáticos, chamados de dupla aptidão (Morton, 2018).

Segundo Spósito *et al.* (2019), o teor de α -ácidos nos cones de lúpulo é de 2 % a 13 % para as variedades aromáticas e de 12 % a 16 % para as variedades de amargor. Ademais, a lupulina possui uma concentração de 0,5 a 3 % de óleo essencial e de 15 % a 30 % de resina em peso seco, podendo ser classificada em duas categorias (Fig. 3): resinas macias e resinas duras (Durello; Silva; Bogusz Júnior, 2019).

Figura 3 - Frações das resinas do lúpulo.



Fonte: Adaptado de Durello; Silva; Bogusz Júnior (2019).

2.3.1 Resinas macias

As resinas macias presentes no lúpulo consistem principalmente nos α e β -ácidos. Os α -ácidos possuem características de ácidos fracos, pois são pouco solúveis em água e solúveis em n-hexano. Durante a fervura da cerveja, ocorre o processo de isomerização, no qual os α -ácidos se convertem em iso- α -ácidos, isto é, compostos muito mais amargos. Ademais, os iso- α -ácidos são mais solúveis em água e desempenham um papel importante na estabilização da espuma da cerveja e na inibição do crescimento de bactérias (Almaguer *et al.*, 2014).

Por outro lado, os β -ácidos não sofrem isomerização durante a fervura, são menos solúveis em água e mais propensos à oxidação. Apesar de também contribuírem para o amargor da cerveja, os β -ácidos o fazem de maneira mais sutil devido à sua baixa solubilidade no mosto (Durello; Silva; Bogusz Júnior, 2019).

2.3.2 Resinas duras

As resinas duras do lúpulo constituem um grupo de compostos insolúveis em n-hexano e solúveis em metanol. Essas resinas, em sua maioria, são produtos de reações de oxidação das resinas macias, que ocorrem principalmente entre o armazenamento dos cones de lúpulo. Ademais, são poucos os estudos existentes sobre as resinas duras, todavia, certos autores relataram alguns efeitos dos compostos no amargor da cerveja (Almaguer *et al.*, 2014).

Dentro das resinas duras também estão presentes alguns compostos fenólicos, geralmente entre 4 % e 14 %. Esses compostos atuam na redução do mosto e contribuem para a formação da turbidez da cerveja. A turbidez é uma instabilidade coloidal causada pela reação dos polifenóis com as proteínas, sendo indesejável em alguns estilos de cerveja. Para reduzir essa turbidez, pode-se utilizar um filtro de polivinilpirrolidona (PVPP) durante a filtração ou requerer a extratos de lúpulo (Jaskula-Goiris *et al.*, 2014).

2.3.3 Óleos essenciais

Segundo estudos de Schönberger e Kostelecky (2011), os óleos essenciais são componentes voláteis de baixa massa molecular responsáveis pelo perfil aromático da cerveja, conferindo-lhes notas distintas que podem variar entre cítricas, amadeiradas, herbais e frutadas (Qd. 1).

Quadro 1 – Compostos aromáticos e suas classificações.

Composto	Grupo	Nota
β -Mirceno	Hidrocarboneto	Herbal
α -Humuleno	Hidrocarboneto	Amadeirado
Geraniol	Oxigenado	Floral
Citronelol	Oxigenado	Cítrico
α -Terpineol	Oxigenado	Amadeirado

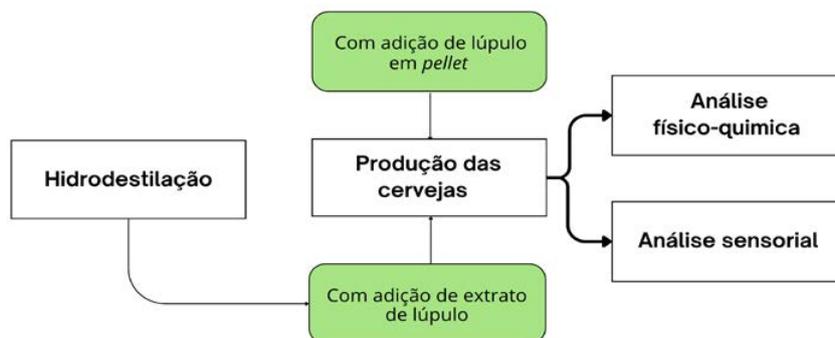
Fonte: Durello; Silva; Bogusz Júnior (2019).

Esses óleos são compostos por três grandes grupos: compostos sulfurosos (1 %), hidrocarbonetos (50 a 80 %) e compostos oxigenados (20 a 50 %). A composição química dos óleos depende principalmente da variedade, não sendo relevante nesse aspecto as condições de cultivo e armazenamento (Durello; Silva; Bogusz Júnior, 2019).

3 Procedimento Experimental

O procedimento experimental para o presente estudo está representado na Fig. 4, e o detalhamento das etapas encontram-se nas seções subsequentes.

Figura 4 – Etapas do procedimento experimental



Fonte: Elaboração própria (2024)

3.1 Hidrodestilação

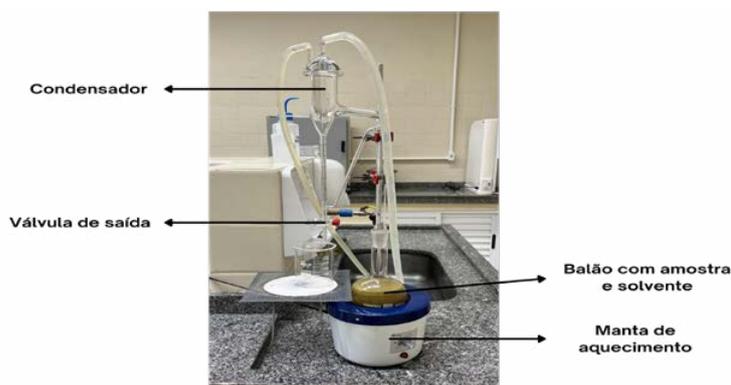
Para a realização deste trabalho, foram adquiridos lúpulos comerciais das variedades Citra e Hallerthau Herkules no formato de pellets T90 (Tab. 1). A Tabela 1 apresenta as características dos lúpulos das variedades Citra e H. Herkules, conforme os certificados de análises emitidos por seus fabricantes. Após o recebimento, as amostras foram mantidas refrigeradas até o momento da extração.

Tabela 1 – Características dos lúpulos utilizados

Variedade	α -ácido	β -ácido	Óleo	Safra	Tipo
<i>Citra</i>	12,6 %	2,9 %	1,90 mL/100 g	2022	Dupla aptidão
<i>H. Herkules</i>	16,6 %	4,6 %	1,45 mL/100 g	2021	Amargor

Fonte: LNF (2023); LNF (2022)

A obtenção do extrato de lúpulo foi fundamentada no método descrito por Zangaro (2014), utilizando um aparelho de Clevenger (Fig. 5) acoplado a um balão de fundo redondo de 500 mL. Para o processo, foram adicionados 50 gramas de lúpulo e 500 mL de água destilada ao balão. Cada variedade de lúpulo foi submetida a esse procedimento em duplicata para assegurar a consistência dos resultados.

Figura 5 – Aparelho de Clevenger.

Fonte: Elaboração própria (2024)

O aquecimento do sistema foi promovido por uma manta, mantendo-se a temperatura de 75 °C. A extração foi realizada ao longo de 2,5 horas a partir da primeira condensação observada, coletando-se, posteriormente, o óleo por meio da diferença de fases no tubo de saída. Após a separação, os óleos foram resfriados até o momento de sua utilização, a fim de conservar suas propriedades.

3.2 Produção das cervejas

Optou-se em produzir dois lotes de 10 litros no estilo American Pale Ale (APA), uma cerveja conhecida por sua cor âmbar, sabor equilibrado entre malte e lúpulo e com notas cítricas e florais (BJCP, 2021).

Na formulação da receita (Tab. 2), levou-se em consideração as informações sobre o estilo apresentadas pelo BJCP, bem como o *software* BeerSmith para adequação dos parâmetros de cor, amargor e teor alcoólico. Para quantificação do extrato, foi utilizada a proporção da quantidade de óleo presente em 100 gramas (Tab. 1) e a massa de *pellet* descrita pelo *software*.

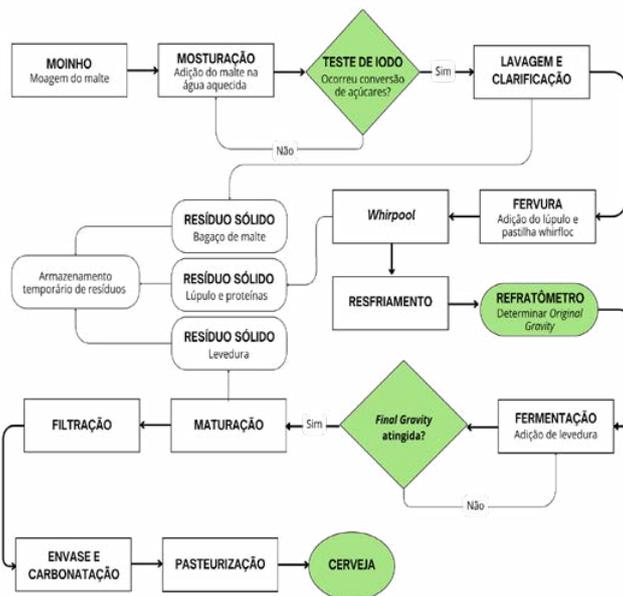
Tabela 2 – Insumos para produção das cervejas.

Insumo	Cerveja com <i>pellet</i>	Cerveja com extrato
Água	16,5 L	16,5 L
Malte <i>Pale Ale</i>	2,0 kg	2,0 kg
Malte <i>Munich II</i>	0,3 kg	0,3 kg
Malte Melanoidina	0,1 kg	0,1 kg
Malte <i>Carapils</i>	0,1 kg	0,1 kg
Lúpulo <i>Citra</i> T90	25,0 g	0,48 mL
Lúpulo <i>Hallerthau Herkules</i> T90	12,0 g	0,18 mL
Levedura US-05	6,6 g	6,6 g

Fonte: Elaboração própria (2024)

A produção da cerveja com adição de lúpulo em *pellet* seguiu o procedimento convencional ilustrado na Fig. 6. Por outro lado, o lote que utilizou extrato teve duas distinções nesse processo. Durante a etapa de *whirlpool*, a utilização do extrato resultou na ausência de resíduos sólidos de lúpulo, o que facilitou, significativamente, a clarificação do mosto. Além disso, a etapa de filtração foi omitida neste lote para verificar a eficácia do estudo em relação à limpidez e ao perfil sensorial da cerveja.

Figura 6 – Fluxograma de produção convencional de cerveja



Fonte: Adaptado de Brocco *et al.* (2021).

Ambas as cervejas foram fabricadas, simultaneamente, e armazenadas em barris de fermentação distintos, mas receberam os mesmos cuidados e rigorosos controles de processo, conforme preconizado pelas Boas Práticas de Fabricação (BPF) – para permitir uma comparação justa e precisa entre os dois métodos.

Assim sendo, antes de iniciar a produção, todos os equipamentos plásticos e de alumínio foram sanitizados com álcool a 70 %, enquanto os recipientes de vidro foram tratados com uma solução de ácido peracético a 10 %.

3.2.1 Moagem e mosturação

Na etapa de mosturação, foram utilizados 2,5 kg de grãos de malte previamente moídos pelo fornecedor. Esses grãos foram adicionados a uma quantidade de 10 litros de água em uma panela de alumínio. A mistura foi aquecida até atingir a temperatura de 65 °C e mantida nesse ponto por 60 minutos, com agitação constante, para ativar as enzimas β -amilase. Após esse período, a temperatura foi elevada para 70 °C por 20 minutos, permitindo a ação da α -amilase, que completa a conversão dos amidos em açúcares (Morton, 2018).

Antes de concluir a mosturação, foi realizado um teste de iodo, uma prática comum para verificar a conversão dos amidos em açúcares. Utilizando uma solução de iodo a 2% e uma placa de porcelana, algumas gotas do mosto foram misturadas com uma gota da solução de iodo. A mudança para amarelo escuro indica uma sacarificação bem-sucedida, enquanto a persistência do azul escuro sugere que o amido não foi totalmente hidrolisado – indicando a necessidade de prolongar o tempo de aquecimento. Por fim, a temperatura foi aumentada para 77 °C por 10 minutos para inativar as enzimas, interrompendo a conversão dos amidos. Este passo não resulta em novas conversões, mas aumenta a solubilidade dos açúcares no mosto, favorecendo a fermentação posterior (Morton, 2018).

3.2.2 Lavagem e clarificação

A etapa seguinte envolveu a lavagem do mosto adicionando 6,5 litros de água a 77 °C, visando extrair integralmente os açúcares remanescentes e atingir o volume de pré-ferveira para aumentar a eficiência da

brassagem. Após a lavagem, o mosto foi filtrado utilizando uma peneira cônica, com o objetivo de remover todos os resíduos de malte. A clarificação do líquido resultou em um mosto mais limpo, o que favoreceu a formação de uma cerveja de melhor qualidade.

3.2.3 Fervura e *whirpool*

Após a clarificação, o mosto foi submetido à fervura por 1 hora. Durante esse período, foram realizadas diversas ações importantes, como a evaporação de compostos indesejáveis e a esterilização do mosto. Durante esse período, foram adicionados lúpulos, utilizando *pellets* em um lote e extrato no outro.

Também foi incluída a pastilha de *whirfloc* por 15 minutos ao fim da fervura para eliminar parte da turbidez da proteína e vegetal, formando um cone de *trub* no centro do recipiente. O processo de *whirlpool* ajuda a separar as partículas sólidas do líquido, resultando em um mosto mais limpo antes da transferência para o fermentador (Morton, 2018).

3.2.4 Resfriamento

O mosto foi transferido para o balde fermentador e filtrado através da peneira cônica. Utilizando um *chiller* de imersão de alumínio, foi resfriado rapidamente até atingir a temperatura de 18 °C para a adição da levedura.

De acordo com Morton (2018), esse resfriamento rápido é relevante, pois a levedura ajuda a prevenir a contaminação da cerveja por meio da competição pelos açúcares e a liberação de compostos químicos que inibem o crescimento de outros microrganismos. Após o resfriamento, a densidade original foi medida utilizando um refratômetro.

3.2.5 Fermentação

Segundo Morton (2018), processo de fermentação é uma etapa crítica na produção de cerveja, em que as leveduras metabolizam os açúcares do mosto, convertendo-os em álcool e dióxido de carbono. Logo depois da aeração, o inóculo de levedura foi adicionado e fermentado em média por 7 dias, começando a 18 °C e aumentando gradualmente para 21 °C. A densidade foi monitorada com um refratômetro até que permanecesse constante por três dias consecutivos, indicando a atenuação dos açúcares e o término da fermentação.

3.2.6 Maturação

Passado o processo de fermentação, a cerveja foi transferida para o barril de maturação, com a intenção de prevenir a formação de sabores indesejáveis (*off-flavors*). O barril foi mantido em condições controladas de temperatura, de 0 a 3 °C, por um período de 10 dias. Durante esse tempo, houve a decantação de sedimentos e a harmonização dos sabores, resultando em uma cerveja equilibrada.

3.2.7 Filtração

Após a maturação, a cerveja foi filtrada com papel filtro para remover as partículas sólidas remanescentes do processo, visando proporcionar uma cerveja mais límpida e visualmente atraente.

3.2.8 Envase, carbonatação e pasteurização

Finalmente, a cerveja foi engarrafada e adicionado 6,0 gramas de açúcar por litro de cerveja (*priming*), para proporcionar à cerveja a carbonatação desejada. Além disso, as garrafas foram submetidas a um processo de pasteurização, sendo imersas em água a 70 °C por 15 segundos. Ao término, as garrafas foram armazenadas em temperatura ambiente e protegidas da luz por 10 dias, permitindo uma segunda fermentação com os microrganismos remanescentes. Após todas essas etapas, a cerveja estava pronta para análise e degustação.

3.3 Análises físico-químicas

Os ensaios para a determinação dos parâmetros de teor alcoólico, cor, amargor, pH e turbidez foram realizados por uma cervejaria da região Sul de Santa Catarina.

A graduação alcoólica foi realizada pelo método 942.06 da *Association of Official Analytical Chemists*, o extrato primitivo ou original (OG) pelo método 935.20 da *Association of Official Analytical Chemists*, o extrato aparente pelo método 945.09 da *Association of Official Analytical Chemists*, o extrato real pelo Instituto Adolfo Lutz (p. 371-372, 2008), a turbidez pela metodologia ASBC (*Beer 27 – Physical stability, method B nephelometric method*), a cor pelo Instituto Adolfo Lutz (p. 322-323, 2008), o pH pelo Instituto Adolfo Lutz (p. 310, 2008), a densidade pelo método 945.06 da *Association of Official Analytical Chemists*.

3.4 Análise sensorial

A avaliação sensorial das cervejas, etapa qualitativa, realizou-se com base na súmula do BJCP. Essa avaliação é tipicamente utilizada em competições cervejeiras e possuem critérios de aroma, aparência, sabor, sensação na boca e impressão geral – sendo que cada atributo possui uma pontuação variável (Tab. 3). O total das pontuações classifica cada cerveja, como indicado na Tab. 4.

Tabela 3 – Pontuação da súmula

Categoria	Pontuação Máxima
Aroma	12
Aparência	3
Sabor	20
Sensação da boca	5
Impressão geral	10

Fonte: BJCP (2017)

Tabela 4 – Classificação com base nos pontos obtidos

Guia de Pontuação	Classificação
45 – 50	Exemplo de estilo de classe mundial
38 – 44	Exemplifica bem o estilo, requer mínimos ajustes
30 – 37	Dentro dos parâmetros do estilo, algumas falhas mínimas
21 -29	Erra o alvo no estilo e/ou pequenas falhas
14 -20	Sabor/aromas indesejados ou deficiências de estilo
00 - 13	Fortes aromas ou sabores indesejados predominam

Fonte: Adaptado de BJCP (2017)

Nesta etapa, foram selecionados cinco avaliadores treinados. Cada um recebeu 75 mL das amostras, acompanhado de um copo de água para a limpeza do paladar entre as degustações, garantindo que cada avaliação fosse feita de forma imparcial.

Além disso, cada avaliador recebeu duas súmulas de avaliação para registrar suas observações. Essas fichas continham campos para pontuação conforme mencionado na Tab. 3 e um espaço para comentários sobre a proximidade das amostras em relação ao lúpulo em *pellet* (CH-99) e ao lúpulo em extrato (CH-37).

4 Resultados Discussão

Nessa seção, apresentam-se os principais resultados do processo de extração do lúpulo, produção das cervejas e análises quantitativas e qualitativas, destacando a eficiência da extração, os dados analíticos obtidos e as características sensoriais das cervejas produzidas.

4.1 Hidrodestilação

As extrações foram realizadas dentro do tempo estipulado no procedimento experimental, e cada variedade de lúpulo apresentou resultados distintos. Esse resultado é importante pois reflete a variabilidade inerente

às características físico-químicas de cada espécie, influenciando diretamente o processo de isolamento e a qualidade final.

No aspecto visual, ambas as extrações apresentaram um tom amarelado, sendo que a variedade H. Herkules exibiu uma limpidez mais intensa e uma viscosidade ligeiramente maior em comparação ao Citra. Em relação ao aroma, ambos exalaram notas intensas e características.

Ao analisar as informações das Tab. 5 e 1, observa-se que a variedade *Citra* gerou um volume total de 2,0 mL em suas extrações. O rendimento obtido foi de 105,26 %, o que é superior ao esperado. Este resultado levanta questões sobre a precisão das medições, indicando que o volume coletado pode incluir uma quantidade de água. No entanto, tal rendimento elevado sugere que a extração do *Citra* foi, particularmente, eficiente em termos de obtenção de compostos voláteis e resinosos.

Tabela 5 – Resultados obtidos na variação *Citra*.

Extração	Massa de <i>pellet</i> (g)	Volume de extrato (mL)	Massa de extrato (g)
1	50	1,10	2,62
2	50	0,90	2,14

Fonte: Elaboração própria (2024)

O rendimento da extração do lúpulo *H. Herkules*, que resultou em 1,3 mL (Tab. 6), corresponde a um rendimento de, aproximadamente, 89,66 %. Embora seja inferior ao esperado (Tab. 1), ainda é considerado aceitável devido às variáveis envolvidas na extração.

Tabela 6 – Resultados obtidos na variação *H. Herkules*

Extração	Massa de <i>pellet</i> (g)	Volume de extrato (mL)	Massa de extrato (g)
1	50	0,60	2,20
2	50	0,70	2,58

Fonte: Elaboração própria (2024)

Ademais, é relevante mencionar que o lúpulo H. Herkules utilizado nesta extração é um *pellet* da safra de 2021. Pois, a idade do lúpulo pode ter um impacto significativo nas suas propriedades, uma vez que os compostos aromáticos e resinosos tendem a se degradar com o tempo, especialmente se não forem armazenados adequadamente (Tedone *et al.*, 2020).

Segundo Meireles (2009), a densidade do óleo extraído exerce uma influência significativa na eficiência da extração. Alinhando aos resultados, percebe-se que a variedade *Citra*, com densidade de 2,38 g/mL, apresentou um rendimento significativo, pois a densidade mais baixa facilitou a movimentação dos compostos e a extração dos elementos desejados. Em contrapartida, o H. Herkules, com densidade de 3,67 g/mL e rendimento inferior, enfrentou desafios devido à sua maior viscosidade, que pode ter dificultado a taxa de transferência de massa e, conseqüentemente, reduzido a eficiência da extração.

4.2 Produção das cervejas

A primeira distinção importante entre as duas cervejas foi observada ao final da fervura em relação à *Original Gravity* (OG) atingida, que é relevante, pois a OG influencia diretamente o potencial alcoólico e a estrutura final da cerveja. Conseqüentemente, a diferença também se refletiu na *Final Gravity* (FG), que indica o quão bem a levedura fermentou os açúcares presentes. A Tab. 7 apresenta os valores obtidos.

Tabela 7 – Comparativo dos resultados obtidos

Parâmetro	BJCP	Extrato	Pellet
OG (g/cm ³)	1,045 – 1,060	1,055	1,049
FG (g/cm ³)	1,010 – 1,015	1,017	1,015

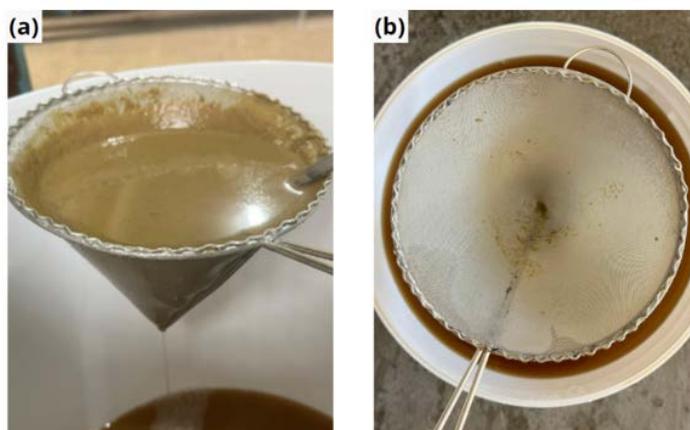
Fonte: Adaptado de BJCP (2021)

Embora a OG para ambas as cervejas esteja dentro dos parâmetros estabelecidos pelo BJCP, a diferença entre os valores de OG nas duas amostras é relevante. Essa variação indica que o processo de extração dos açúcares fermentáveis foi mais eficiente na cerveja com extrato, refletindo na densidade inicial mais alta.

Ambas as cervejas passaram por uma fermentação de 10 dias, o que foi impactado pelo clima de inverno – dificultando a estabilização da temperatura ambiente em 18 °C. Como resultado, a cerveja produzida com extrato alcançou uma FG de 1,017, enquanto a com *pellet* atingiu 1,015. Essa diferença sugere que a cerveja com extrato não conseguiu converter completamente os açúcares fermentáveis, resultando em uma densidade final mais alta. Isso pode ter ocorrido devido à menor atividade das leveduras, possivelmente afetada pelas flutuações de temperatura. A literatura não apresenta evidências claras de que o uso de extrato impacte a fermentação de forma significativa, o que sugere que a principal causa dessa diferença foi a variação de temperatura durante o processo.

Em relação aos resíduos, a cerveja produzida com extrato apresentou uma quantidade notavelmente inferior, o que é um resultado positivo, alinhando-se a um dos objetivos deste estudo. Na Fig. 7 (a), observa-se um volumoso resíduo vegetal misturado ao mosto na cerveja com *pellet*, enquanto na Fig. 7 (b) há poucos resquícios – possivelmente de cascas de malte que não foram completamente removidas na clarificação. A redução de resíduos com o uso de extrato é um ponto favorável, já que pode simplificar o processo e melhorar a eficiência geral da produção.

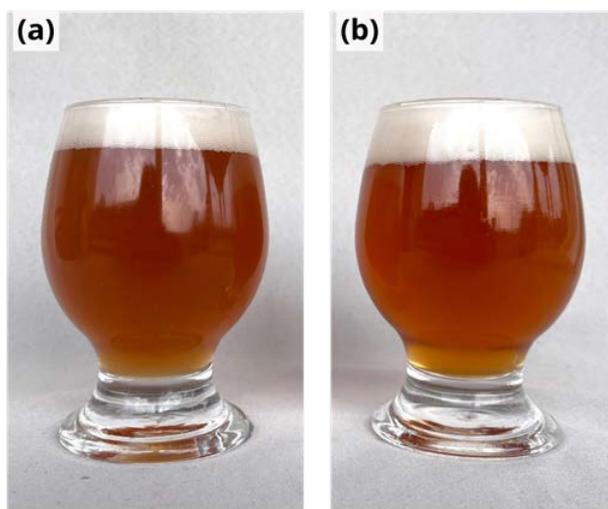
Figura 7 – Fundo da panela: *Pellet* (a) e extrato (b).



Fonte: Elaboração própria (2024)

Alinhado ao parágrafo anterior, com um menor resíduo depositado no fundo da panela, o aproveitamento do mosto é facilitado, resultando em menores perdas no processo. Como consequência, a cerveja com extrato gerou 9,0 litros de produto acabado, enquanto a cerveja com *pellet* resultou em 8,4 litros.

Visualmente, ambas as cervejas (Fig. 8) apresentaram grande similaridade. No entanto, a diferença mais perceptível foi a limpidez superior da cerveja com extrato, o que é atribuído à menor quantidade de resíduos visualizados na Fig. 7.

Figura 8 – Extrato (a) e *pellet* (b).

Fonte: Elaboração própria (2024)

4.3 Análises físico-químicas

Os parâmetros físico-químicos das cervejas produzidas apresentaram variações relevantes, conforme apresentado na Tab. 8.

Tabela 8 – Comparativo dos resultados obtidos

Parâmetro	BJCP	Extrato	<i>Pellet</i>
Álcool (% V/V)	4,5 – 6,2	4,98	4,46
pH	-	4,13	4,30
Cor (EBC)	9,85 – 19	15,90	16,62
Amargor	30 - 50	25,10	31,40
Turbidez (EBC)	-	7,25	17,30

Fonte: Adaptado de BJCP (2021)

4.3.1 Álcool

Os resultados obtidos demonstram que o teor alcoólico das amostras variou levemente. A amostra com extrato alcançou 4,98 % V/V, dentro da faixa recomendada pelo BJCP. Em contraste, a amostra que utilizou *pellet* registrou um grau alcoólico de 4,46% V/V, que é ligeiramente inferior ao mínimo estipulado.

A queda no teor alcoólico da amostra com *pellet* pode ser explicada por fatores, como a eficiência de fermentação. Pode ainda ser influenciada por diversos aspectos, como a cepa de levedura utilizada, a temperatura de fermentação e o tempo de fermentação – conforme visualizado na Tab. 7. Além disso, a disponibilidade de açúcares fermentáveis pode ter sido afetada pela composição do *pellet*, que pode conter menos açúcares disponíveis para a fermentação em comparação ao extrato (Lima *et al.*, 2001).

4.3.2 pH

Os valores de pH obtidos para ambas as amostras foram adequados, com a cerveja que utilizou extrato apresentando um pH de 4,13 e a amostra com *pellet* registrando 4,30. Ambos os resultados estão dentro da faixa ideal para garantir a estabilidade microbiológica e a qualidade sensorial da cerveja, que, geralmente, varia entre 4,0 e 4,5. Isso indica que o processo de fermentação foi eficaz em manter a acidez em níveis aceitáveis (EEEP, 2012).

Embora a literatura não forneça valores exatos de pH para cada estilo de cerveja, estudos indicam que um pH nesta faixa é importante, pois níveis mais baixos podem inibir o crescimento de microrganismos indesejados, enquanto valores elevados podem comprometer o sabor e a qualidade da bebida (EEEP, 2012)

Segundo Asociacion Latinoamericana de Fabricantes de Cerveza (ALAFACE, 1999), o pH é um parâmetro crítico na produção de cerveja, afetando a atividade das leveduras e a extração de compostos aromáticos. Além disso, cervejas com altos valores de pH são mais suscetíveis a ter uma maior turbidez, devido à coagulação das proteínas. Um pH adequado não só melhora a solubilidade dos compostos fenólicos, mas também contribui para a estabilidade da espuma. Portanto, os resultados obtidos refletem um controle de pH bem-sucedido, evidenciando que o processo respeitou as condições ideais para a produção de cerveja.

4.3.3 Cor

A cor das amostras, medida em EBC (European Brewery Convention), apresentou uma leve diferença, com a cerveja que utilizou extrato apresentando 15,90 EBC e a amostra com *pellet* registrando 16,62 EBC. Ambos os valores estão dentro da faixa recomendada pela literatura, que considera a cor um aspecto importante da apresentação da cerveja, influenciando a percepção sensorial e a expectativa do consumidor (BJCP, 2021).

Apesar de os insumos serem os mesmos e utilizados nas mesmas quantidades, a diferença de cor pode ser atribuída a vários fatores. Um erro na pesagem do malte, mesmo que pequeno, pode resultar em variações significativas na cor final da cerveja. Além disso, pequenas variações no processo de moagem, como a uniformidade do tamanho das partículas, podem afetar a extração dos compostos de cor durante a fervura (Kunze, 2004).

A literatura indica que a cor da cerveja não apenas contribui para a estética da bebida, mas também pode influenciar a percepção de sabor e aroma. Estudos, como o de Carvalho *et al.* (2017), mostram que a cor pode afetar as expectativas dos consumidores em relação à intensidade e ao perfil de sabor da cerveja, fazendo com que a produção de cervejas com cores consistentes seja um fator importante na fabricação.

4.3.4 Amargor

O amargor apresentou uma diferença significativa entre as amostras. A cerveja que utilizou extrato obteve 25,1 IBU, abaixo da faixa recomendada. Em contrapartida, a cerveja que utilizou *pellet* atingiu 31,4 IBU, situando-se dentro do intervalo ideal.

A diferença observada no amargor pode estar relacionada ao método de extração utilizado para o lúpulo na cerveja com extrato, que foi a hidrodestilação. Esse método pode não ter sido o mais eficiente para a extração das resinas macias desejadas. A hidrodestilação, embora útil para a extração de aromas, não extraiu adequadamente os compostos amargos, resultando em um perfil de amargor inferior. Uma análise mais detalhada do óleo essencial extraído, incluindo a verificação dos compostos obtidos e suas respectivas concentrações, seria necessária para entender melhor o impacto dessa escolha no amargor final da cerveja (Katono; Yonezawa; Inui, 2021; Venturini *et al.*, 2016).

Os métodos como a arraste a vapor e extração por solvente ou CO₂ supercrítico são mais eficazes para a extração de óleos essenciais e compostos amargos. Por exemplo, estudos realizados por Müller (2021) demonstraram que a extração por CO₂ supercrítico não só melhora o rendimento de compostos amargos, mas também preserva os aromas, resultando em um perfil sensorial mais equilibrado.

4.3.5 Turbidez

A turbidez das amostras apresentou uma diferença acentuada, com a cerveja que utilizou extrato exibindo 7,25 EBC, enquanto a cerveja com *pellet* resultou em 17,3 EBC. A menor turbidez na cerveja com extrato indica uma clarificação mais eficiente, o que é positivo do ponto de vista visual e é conforme o desejado.

Ademais, o resultado de turbidez baixa da cerveja com extrato reforça o que foi visualizado na Fig. 8 e 9, que demonstra claramente a diferença na limpidez entre as amostras. Essa observação sugere que a eliminação da massa vegetal do lúpulo pode ser uma alternativa mais eficiente em termos de clarificação.

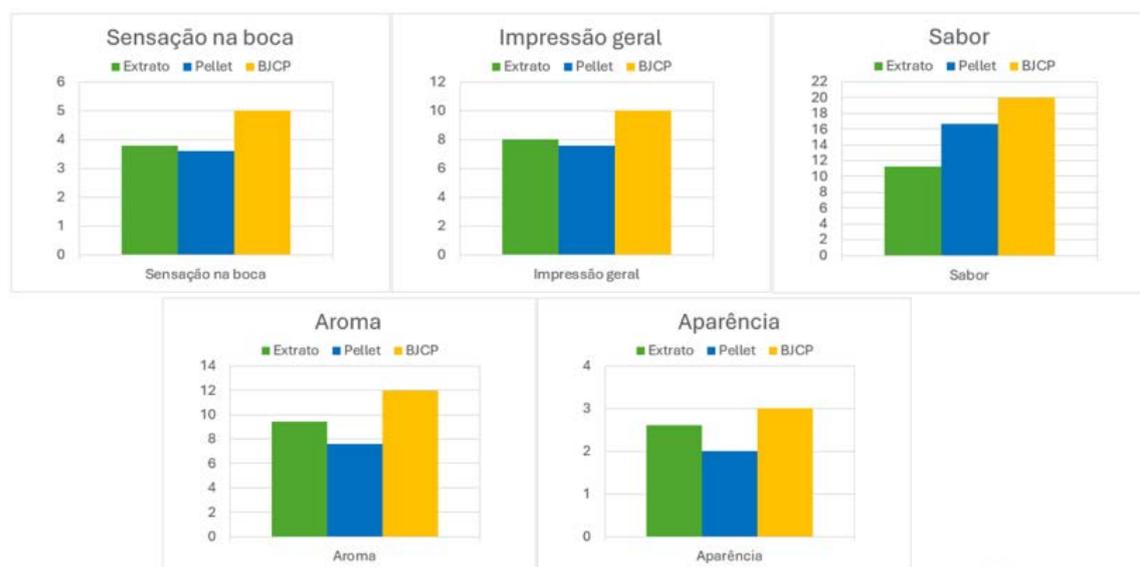
A turbidez é um fator importante na percepção de qualidade da cerveja, uma vez que consumidores frequentemente associam maior clareza a um produto mais fresco e de melhor qualidade. Portanto, a gestão da turbidez deve ser uma consideração essencial no processo de fabricação da cerveja, pois não apenas impacta a estética, mas também pode influenciar a aceitação do produto no mercado (Carvalho *et al.*, 2017).

4.4 Análise sensorial

A partir dos resultados das avaliações sensoriais realizadas pelos degustadores, foram calculadas as médias das notas atribuídas a cada critério. A partir disso, foi elaborada a Fig. 9, que ilustra graficamente as avaliações dos diferentes aspectos sensoriais das cervejas analisadas, comparando-os com a literatura.

Observando os gráficos, é evidente que as duas cervejas apresentaram avaliações semelhantes nos quesitos de sensação da boca e impressão geral. Isso sugere que ambos os tipos de cerveja proporcionaram experiências sensoriais comparáveis em termos de corpo, carbonatação, adstringência e percepção global. No entanto, um ponto importante a ser destacado é a categoria de aroma, onde a cerveja com extrato se destacou com uma avaliação superior.

Figura 9 – Gráficos comparativos das avaliações



Fonte: Adaptado de BJCP (2017)

O extrato isolado, sem dúvida, evidenciou os aromas do lúpulo de forma mais intensa e clara. Isso pode ser atribuído ao fato de que o extrato de lúpulo, por sua concentração e pureza, tende a liberar compostos aromáticos de maneira mais eficaz em comparação aos *pellets*. Essa intensidade aromática pode ter proporcionado uma experiência mais rica e complexa, favorecendo a percepção dos avaliadores. Além disso, a utilização do extrato pode ter resultado em um perfil de aroma mais fresco e limpo, o que é altamente valorizado em estilos de cerveja que buscam destacar as características do lúpulo, como é o caso das *American Pale Ales*.

No que diz respeito à aparência, o extrato também obteve êxito. Os avaliadores notaram que a cerveja com extrato apresentou uma cor mais uniforme, alta limpidez e uma retenção de colarinho que se manteve de forma consistente, características que atendem melhor aos padrões desejados.

Por outro lado, a cerveja preparada com *pellets* obteve uma avaliação mais favorável no quesito sabor, o que pode ser justificado pelo maior nível de amargor visualizado na Tab. 8. Quando questionados sobre qual amostra melhor refletia o estilo, os avaliadores escolheram a cerveja que continha *pellets*, indicando que a percepção de amargor e a intensidade do sabor estavam em sintonia com as expectativas para essa categoria.

Além disso, a cerveja elaborada com *pellets* de lúpulo obteve uma classificação de 37 pontos, que se encontra dentro dos parâmetros do estilo – indicando que atende adequadamente às características esperadas para uma APA. Por outro lado, a cerveja feita com extrato de lúpulo recebeu uma nota de 35 pontos, mantendo

a mesma classificação geral, o que significa que, de modo geral, ambas as cervejas são similares em qualidade. No entanto, cada uma apresentou deficiências em quesitos específicos, sugerindo que ambas merecem reajustes para melhorar sua conformidade com os critérios.

Em suma, os resultados das avaliações sensoriais revelam a importância dos métodos de adição de lúpulo na construção do perfil sensorial das cervejas. Enquanto o extrato contribui para um aroma mais destacado e melhor aparência, os *pellets* oferecem um sabor mais amargo e equilibrado.

5 Conclusão

A pesquisa apresentada deu destaque à qualidade e às diferenças entre as cervejas produzidas, conforme o uso de lúpulo na forma de pellet e na forma de extrato. A hidrodestilação evidenciou-se eficaz na obtenção de compostos aromáticos, com a variedade *Citra* apresentando um rendimento acima do esperado, enquanto o *H. Herkules* teve eficiência moderada, possivelmente devido a fatores como a densidade e a idade do *pellet*. Na produção, as cervejas com extrato e *pellets* diferiram quanto à OG e FG, refletindo na eficiência da fermentação e na quantidade de resíduos, com o extrato favorecendo uma menor geração de resíduos e maior limpidez do produto final.²³

As análises físico-químicas reforçaram essas observações: o extrato proporcionou uma turbidez menor, teor alcoólico adequado e pH consistente, mas teve amargor abaixo do ideal. Em contraste, a cerveja com *pellet* apresentou amargor em conformidade com o BJCP e uma intensidade sensorial mais adequada ao estilo da *American Pale Ale*. A análise sensorial destacou a relevância do extrato na acentuação dos aromas e dos *pellets* na intensificação do sabor e do amargor, ambos importantes para atender às preferências dos consumidores.

Contudo, a escolha do método de extração do lúpulo deve ser reconsiderada. A hidrodestilação, embora eficiente para compostos aromáticos, pode não ter extraído os compostos amargos necessários para alcançar o perfil de amargor desejado. Para melhor compreensão do motivo pelo qual o amargor ficou abaixo do esperado na amostra com extrato, seria recomendável realizar uma análise detalhada das resinas extraídas. Isso ajudaria a identificar quais compostos foram isolados no processo e a ajustar o método de extração para obter um equilíbrio ideal entre aroma e amargor, de acordo com as expectativas do estilo e do consumidor.

REFERÊNCIAS

- ALMAGUER, C.; SCHÖNBERGER, C.; GASTL, M.; ARENDT, E. K.; BECKER, T. Humulus lupulus - a story that begs to be told. A review. **Journal of the Institute of Brewing**, [s. l.], v. 120, n.4, p. 289-314, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.160>
- ASSOCIACION LATINOAMERICANA DE FABRICANTES DE CERVEZA. **Métodos de análisis cervceros**: recopilación de métodos técnicos cervceris de la comisión de análisis de Europa central. 3. ed. Caracas: ALAFACE, 1999.
- BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM. Beer Scoresheet. **BJCP**, Minnesota, EUA, 2017. Disponível em: <https://www.bjcp.org/about/introduction-bjcp/>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM. Beer style guidelines. Style Guidelines. **BJCP**, Minnesota, EUA, 2021. Disponível em <https://www.bjcp.org/beer-styles/beer-style-guidelines/>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- BROCCO, R.; QUADROS, A. U. M. de; TREVISAN, S.; PASSOS, F. N. B. dos; HOMMERDING, B.; VANIEL, A. P. H.; FISCHER, J.; ORTIZ, J. C. Elaboração de cerveja com técnica de dry hopping: o empreendedorismo presente no currículo de Química Bacharelado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 60., 2021, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: CBQ, 2021. p. 1-5.
- CARVALHO, F. R.; MOORS, P.; WAGEMANS, J.; SPENCE, C. The influence of color on the consumer's experience of beer. **Frontiers in Psychology**, [s. l.], v. 8, n. 8, p. 1-9, 19 dez. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02205>
- CEARÁ. Secretária da Educação do Estado. Escola Estadual de Educação Profissional (org.). **Microbiologia de alimentos**. Fortaleza: SEDUC, 2012. 66 slides, color. <https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/>

sites/37/2011/10/nutricao_e_dietetica_microbiologia_de_alimentos.pdf. Acesso em: 10 ago. 2024

DURELLO, R.; SILVA, L.; BOGUSZ JUNIOR, S. Química do lúpulo. **Química Nova**, [s. l.], v. 42, n. 8, p. 900-919, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170412>

HIERONYMUS, S. **Lúpulo: guia prático para o aroma, amargor e cultivo de lúpulos**. Belo Horizonte: Editora Krater, 2019.

INUI, T.; TSUCHIYA, F.; ISHIMARU, M.; OKA, K.; KOMURA, H. Different beers with different hops. relevant compounds for their aroma characteristics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 61, n. 20, p. 4758-4764, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf3053737>

JASKULA-GOIRIS, B.; GOIRIS, K.; SYRYN, E.; VAN OPSTAELE, F.; ROUCK, G. de; AERTS, G.; COOMAN, L. de. The use of hop polyphenols during brewing to improve flavor quality and stability of pilsner beer. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [s. l.], v. 72, n. 3, p. 175-183, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2014-0616-01>

KATONO F.; YONEZAWA, F.; INUI, T. **Hop extract and method for producing same**. Depositor: Suntory Holdings Ltda. EP3 296 384B1. Depósito: 12 maio 2016. Concessão: 13 jan. 2021. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/EP3296384B1/ja>. Acesso em: 10 ago. 2024.

KUNZE, W. **Technology brewing & malting**. 3. ed. Berlin: VLB, 2004.

LIMA, U. de A.; AQUARONE, E., BORZANI, W., SCHMIDELL, W. **Biotechnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MEIRELES, M. A. A. **Extracting bioactive compounds for foods product: theory and applications**. Nova Iorque: CRC Pres, 2009.

MEGA, J. F.; NEVES, E.; ANDRADE, C. J. A produção de cerveja no Brasil. **Revista Citino**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 34-42, 2011.

MORTON, J. **A arte de fazer cerveja: ingredientes, técnicas e receitas para produzir a bebida**. São Paulo: Publifolha, 2018.

MÜLLER, L. da S. **Estudo comparativo das propriedades da cerveja artesanal produzida com e sem o óleo essencial do lúpulo**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/10078>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SCHÖNBERGER, C.; KOSTELECKY, T. 125th anniversary review: the role of hops in brewing. **Journal of the Institute of Brewing**, [s. l.], v. 117, n. 3, p. 259-267, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00471.x>

SPÓSITO, M.; ISMAEL, R. V.; BARBOSA, C. M. de A.; TAGLIAFERRO, A. L. **A cultura do lúpulo**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2019.

TEDONE, L.; STASKOVA, L. ; YAB, D.; WHITTOCK, S. ; SHELLIE, R.; KOUTOULIS, A. Hop (*Humulus lupulus* L.) volatiles variation during storage. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [s. l.], v. 78, n. 2, p. 114–125, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1704674>

VENTURINI, W. G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2016.

ZANGARO, G. A. C. **Perfil químico de óleos essenciais de lúpulo em flor e suas classificações por quimiometria**. 2014. TCC (Graduação em Química) - Curso de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, 2014. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/15401>. Acesso em: 10 ago. 2024.

Sobre os autores

Marielli Bett

Possui graduação em Engenharia Química pela UniSATC (2024). Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Processos Industriais de Engenharia Química.

Aline Resmini Melo

Graduação (2002), mestrado (2005) e doutorado (2008) em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atualmente é coordenadora do curso de Engenharia Química da UNISATC (Centro Universitário Satc) e do curso Técnico em Química da SATC (Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina). Leciona as disciplinas de Introdução à Engenharia Química, Introdução aos Processos Químicos, Estágio, Fenômenos de Transferência III, e Análise e Simulações de Processos no curso. Tem experiência na área de Fenômenos de Transferência e Modelagem Computacional. Compõe o Banco de Avaliadores do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (BASIS) - INEP/MEC, sendo avaliadora institucional.

Débora de Pellegrin Campos

Mestranda em Engenharia Metalúrgica pela da UNISATC (Centro Universitário Satc), possui especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (2013), graduação em Engenharia Química pela Universidade do Sul de Santa Catarina (2009). Atualmente é professora do curso de graduação de Engenharia Química da da UNISATC e professora dos cursos técnicos de Fabricação Mecânica, Eletromecânica, Manutenção Automotiva, Mecânica e Química do Colégio Satc. Também é professora de Química do segundo ano do Ensino Médio do Colégio Satc. Tem experiência laboratorial no tratamento de efluentes e análises físico-químicas.

Carolina Resmini Melo Marques

Graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (2006), Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (2009) e Doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (2013). É professora do Centro Universitário Unisatc do curso de Engenharia Química. Atua na síntese de zeólitas a partir de caulim comercial como também a partir de diferentes resíduos; assim como na aplicação destas zeólitas na área de gestão ambiental, tais como captura de CO₂ e outras áreas afins. Atua como consultora na área de Engenharia de Alimentos, com ênfase na elaboração e implantação de Programas de Autocontrole (Boas Práticas de Fabricação (BPF), Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), Procedimentos Padrões de Higiene Operacional (PPHO), Procedimentos Operacionais Padrão (POP)); regulamentação da Empresa conforme legislações vigentes; rotulagem; desenvolvimento de novos produtos; limpeza e higienização; otimização de produção; capacitação de equipes; consultorias em geral. Atua como perita judicial na área de Engenharia de Alimentos.

Como citar:

BETT, Marielli; MELO, Aline Resmini; CAMPOS, Débora de Pellegrin; MARQUES, Carolina Resmini Melo. Influência do extrato de lúpulo nas propriedades físico-químicas e sensoriais de cervejas artesanais. **Rev. Technol.**, Fortaleza, v. 45, p. 1-25, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5020/23180730.2024.15664>

Aceito em: 13/11/2024

Avaliado em: 18/12/2025