

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

**ESTUDO DOS AROMAS E SABORES PROPORCIONADOS PELO
LÚPULO NAS CERVEJAS ESPECIAIS**

JULIANA DOS REIS

Uberlândia

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

**ESTUDO DOS AROMAS E SABORES PROPORCIONADOS PELO
LÚPULO NAS CERVEJAS ESPECIAIS**

JULIANA DOS REIS

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de bacharel em Química Industrial apresentado ao Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Welington de Oliveira Cruz

Uberlândia

2019

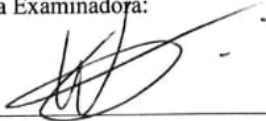
JULIANA DOS REIS

**ESTUDO DOS AROMAS E SABORES PROPORCIONADOS PELO
LÚPULO NAS CERVEJAS ESPECIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de bacharel em Química Industrial apresentado ao Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia.

Uberlândia, Dezembro de 2019.

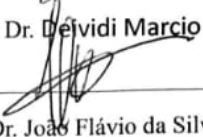
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Wellington de Oliveira Cruz



Prof. Dr. Deividi Marcio Marques



Prof. Dr. João Flávio da Silveira Petrucci

Este trabalho é dedicado aos meus pais, amigos e familiares que comigo estiveram durante essa jornada de muito estudo, esforço e trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a todas as entidades grandes e pequenas por me ajudar a superar as dificuldades e adversidades vividas durante a jornada deste trabalho. Sem essa força divina nada teria sido concretizado.

A Universidade Federal de Uberlândia, e seus profissionais que nela integram, pela oportunidade, e conhecimento compartilhado.

Aos professores pela dedicação, compromisso e contribuições valorosas, em prol de um objetivo comum de compartilhar conhecimentos.

Aos meus pais, às minhas irmãs e demais familiares, pelo apoio e carinho. Agradeço por tudo que fizeram por mim, ajudando-me nas horas difíceis, vocês são tudo que tenho em minha vida.

Aos meus queridos amigos pelo apoio, consideração e por acreditar na minha capacidade. E ainda pelo apreço e confiança em nosso curso, buscando somar conhecimentos e caráter com todos que nele integram.

A todos os demais que não foram citados, mas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A partir da realização do estudo bibliográfico, revisão de literatura com seu respectivo histórico, objetivos, importâncias e referências de artigos de revistas especializadas e livros, compreende-se que o lúpulo (*Humulus lupulus l.*) é uma planta utilizada em larga escala na produção de cervejas, sendo bastante reconhecido pelos seus aromas e sabores. Os compostos relacionados a estes aromas são encontrados nos óleos essenciais, enquanto o amargor dessa bebida é proporcionado, principalmente pelas resinas da planta. Assim, o presente estudo teve como objetivo descrever a importância do lúpulo no processo de fabricação de cervejas especiais, suas características químicas e seu espaço no mercado brasileiro e mundial.

Palavras-chave: Cervejas especiais, Lúpulo, α -ácidos, óleos essenciais.

ABSTRACT

From this bibliographic study, literature review with its history, objectives, importance and references of articles from specialized journals and books, it is understood that hops (*Humulus lupulus* L.) It is a plant widely used in production. of beers, being widely recognized for its aromas and flavors. The compounds related to these flavors are found in the essential oils, while the bitterness of this beverage is mainly provided by the plant resins. Thus, the present study aimed to describe the importance of hops in the brewing process of special beers, its chemical characteristics and its space in the Brazilian and world markets.

Keywords: special beers, hops, α -acids, essential oils.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema simplificado da produção da cerveja	12
Figura 2. Variedades de lúpulo.....	19
Figura 3. Corte transversal de um cone de flor de lúpulo.....	20
Figura 4: Estruturas químicas dos principais α -ácidos (humulonas) do lúpulo.....	25
Figura 5: Representação da reação de isomerização da humulona em cis/trans-.....	26
iso-humulonas durante o processo de fervura do mosto	
Figura 6: Estruturas químicas dos principais β -ácidos (lupulonas) do lúpulo.	28
Figura 7: Terpenos majoritários dos óleos essenciais.....	29
Figura 8: Estereoisômeros do linalol.....	30
Figura 9: Estruturas químicas de alguns ácidos fenólicos do lúpulo.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais constituintes encontrados em flores secas de lúpulo.....	23
--	----

SUMÁRIO

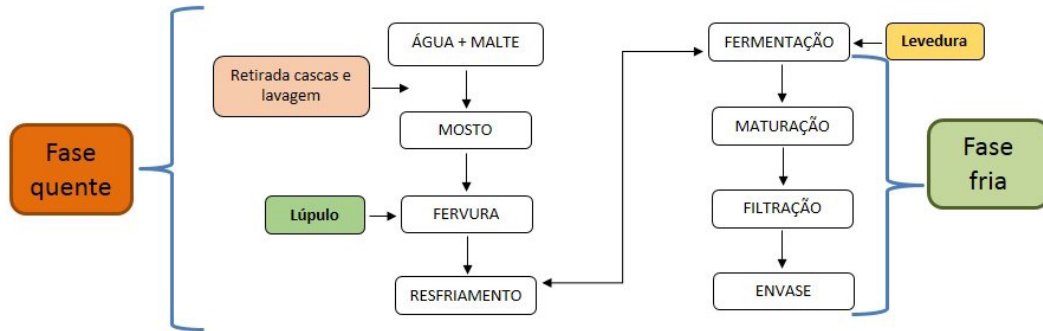
Sumário	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
3. METODOLOGIA	14
4. ESTUDO DE LITERATURA	14
4.1. A história da cerveja no mundo	14
4.2. A cerveja no Brasil	16
4.3. Produção da cerveja artesanal no Brasil	18
4.4. O lúpulo	19
4.5. Lúpulo: componentes que afetam o sabor	21
4.6. Composição química do lúpulo	23
4.6.1 Ácidos amargos	24
4.6.2 Óleos Essenciais	28
4.6.3. Polifenóis	31
4.7. Relação dos sabores com estilos	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
6. REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

A cerveja é uma bebida alcoólica composta por água, malte, lúpulo e adjuntos, como as leveduras. Cerca de 95% do peso, do líquido em estudo, é formado por água, portanto, é natural que as indústrias responsáveis pelo processo de produção se localizem em regiões com disponibilidade de água abundante e de qualidade, uma vez que os sais dissolvidos podem influenciar o gosto, odor e, até mesmo, os processos químicos e enzimáticos ocorridos durante a fermentação, comprometendo a qualidade da cerveja. Assim, como o malte - termo utilizado para definir a matéria-prima da germinação de cereais, a exemplo: cevada, arroz, milho, trigo, aveia - é tratado de forma a propiciar a germinação do cereal manipulado, processo que é interrompido antes da formação de uma nova planta. É importante esclarecer que é, justamente nesse ponto da germinação, que é possível obter estado ideal do grão maltado, momento em que são produzidas as enzimas necessárias e fundamentais à produção da cerveja. Os adjuntos, por sua vez, são os carboidratos não maltados, advindos do milho, arroz, trigo, aveia e outros, fontes não maltadas de açúcares que sofrem fermentação alcoólica (FILHO; GASTONI, 2016).

O processo de produção de cerveja pode ser dividido basicamente nas seguintes etapas (conforme ilustrado pela Figura 1: 1) moagem dos grãos; 2) mistura desse com água; 3) fervura (nessa é adicionado o lúpulo); 4) Resfriamento; 5) Fermentação (adiciona-se a levedura); 6) maturação; 8) filtração; 9) envase e 10) pasteurização (opcional). As etapas de 2 a 4 compreende a fase quente do processo com menor risco de contaminação. As etapas de 5 a 10 são as fases frias, sendo extremamente importante o controle da contaminação nessas etapas (EßLINGER, 2009).

Figura 1: Esquema simplificado da produção da cerveja.



Fonte: ALMEIDA, 2019

A moagem do malte consiste na diminuição do grão de modo uniforme para a mosturação. O processo de mosturação pode variar de acordo com o tipo de cevada e do tipo de cerveja que se deseja produzir, e, posteriormente, é realizada a filtração do mosto, aproveitando somente o filtrado. A etapa que se segue é a fervura do filtrado, momento em que se adiciona o lúpulo, em quantidade que pode variar de 0,4 a 1,4 g/L em relação ao volume inicial de fervura. Em seguida, deve-se manter o mosto na temperatura de fervura por cerca de 90 minutos ou até atingir a concentração ideal de açúcar para o início da fermentação. Nesta etapa do processo, o lúpulo confere compostos de amargor e aroma, além de contribuir para a evaporação do excedente de água e compostos indesejáveis ao produto final, reduzindo até 10% do volume inicial (FILHO; GASTONI, 2016).

Para além do supracitado, é necessário, à produção da cerveja, a inserção do lúpulo, o qual a composição química depende de fatores genéticos (maturação, geografia), que distinguem as diversas variedades, fatores e processamento pós-colheita como amadurecimento, processamento e armazenamento. As características como aroma e amargor de uma cerveja estão também relacionadas à quantidade e qualidade da dosagem de e o tempo de adição do lúpulo, bem como a tecnologia geral de fabricação de cerveja aplicada (RETTBERG; BIENDL; GARBE; 2018).

2. OBJETIVOS

A proposta deste trabalho foi fazer uma breve revisão teórica sobre aromas e sabores que o lúpulo proporciona na produção de cervejas especiais onde se é dado enfoque na morfologia, os principais compostos obtidos por essa planta e as características que ela agrega na produção.

3. METODOLOGIA

Pode-se dizer que a revisão bibliográfica é o emprego de técnicas e procedimentos científicos que limitam ou dão direção para a seleção de artigos, ações pelas quais se examina, com consciência crítica, os artigos e se consubstanciam todos os estudos relevantes em um tópico específico (PERISSE, 2001). Em relação à sua importância, estudiosos afirmam que esse método pode criar uma sólida base de conhecimentos, capaz de guiar a prática profissional e identificar a necessidade de novas pesquisas (SAMPAIO, MANCINI, 2018).

Segundo Fogliatto e Silveira (2007), a revisão bibliográfica é aquela que reúne ideias provenientes de diferentes fontes, com o objetivo de incorporar uma nova teoria ou uma nova forma de apresentação para um assunto específico. Em complemento, Cooper (1989) afirma que esse tipo de revisão é caracterizado como um método que integra vários resultados obtidos a partir de pesquisas sobre um mesmo assunto, com o objetivo de abreviar e reduzir esses conteúdos, analisando os dados em questão para desenvolver uma explicação mais ampla de um fenômeno específico; é a mais abrangente forma de pesquisa e revisão, devido à integração de diversos estudos experimentais e não experimentais, questões teóricas e/ou empíricas.

Para a organização do material em questão, foram realizadas as etapas e procedimentos que permitissem buscar a identificação preliminar bibliográfica, catalogação e organização de resumo, análise e interpretação do material bibliográfico, revisão e relatório final.

4. ESTUDO DE LITERATURA

4.1. A HISTÓRIA DA CERVEJA NO MUNDO

Estudos apontam que o homem iniciou o consumo de bebidas fermentadas há, aproximadamente, 30 mil anos, e, da cerveja, por volta de 8000 a.C., período em que a

produção dessa bebida acontecia, entre os povos do Egito, Suméria e Babilônia, em paralelo ao processo de fermentação de cereais como o milho, o centeio e a cevada. Em outros momentos da sua história, a cerveja também foi produzida e consumida por gregos e romanos, principalmente durante o ápice destas civilizações. Os bárbaros, na Europa, durante o império romano, também a consumiam. Os povos de origem germânica, tiveram seu destaque na arte de fabricar a cerveja, pois, no século XIII, foram os primeiros a introduzir o lúpulo na bebida, conferindo as características básicas da cerveja como conhecemos atualmente (AQUARONE et al., 2001).

Durante a Idade Média, os mosteiros eram responsáveis pela fabricação da cerveja e empregavam, para tanto, aromatizantes, advindos de ervas como: mirta, rosmaninho, louro, sálvia, gengibre e o lúpulo. A inserção deste ocorreu por meio da ação de monges do Mosteiro de San Gallo (Suíça), que o incluíram, pela primeira vez, na composição da cerveja, fato que ocorreu no período compreendido entre os anos 700 e 800 (SINDICERV, 2012).

Em 1516, a Lei da Pureza Alemã – a conhecida Reinheitsgebot, permitia a fabricação da cerveja, somente com malte, lúpulo e água. Em 1860, Louis Pasteur realizou a descoberta da fermentação das leveduras e suas funções, levando à alteração da lei para a que conhecemos atualmente, onde a cerveja deve conter malte, lúpulo, água e leveduras (PALMER, 2017).

Durante muitos anos, a maioria das cervejas comercializadas eram do tipo que, atualmente, conhecemos como ALES. Já as cervejas do tipo LAGERS foram acidentalmente descobertas, no século XVI, quando a bebida em estudo era estocada em frias cavernas por longos períodos e, desde então, sua produção e consumo superaram as cervejas tipo ALE. Muito embora o lúpulo seja cultivado na França desde o século IX, o mais antigo registro do uso do Lúpulo data de 1607 (BERTÃO, 2013).

Na Inglaterra, durante o século XV, a bebida tipo ALE era produzida por meio da fermentação dos ingredientes, sem o lúpulo, e, posteriormente, ocorria a adição dele, de forma a transformar o líquido, até então elaborado, na cerveja que seria, por fim, comercializada. Outro fato relevante é que o cultivo de lúpulo passou a existir, na ilha inglesa, a partir de 1428, após anos de importação, quando a ALE passa a se referir como uma cerveja forte e que contém lúpulo. Nesse período, o conhecimento acerca do ingrediente

lúpulo e seus efeitos nos líquidos fermentados era quase inexistente, contudo, na contemporaneidade, sabe-se que, além do sabor amargo já característico, ele possui propriedades de conservação (BAMFORTH, 2010).

Assim, registrou-se que, nessa época - por volta de 1400 - o lúpulo já era bastante difundido na Alemanha e, ainda que com resistência, ele se impôs como conservante e aromatizante, em oposição à enorme diversidade de ervas, flores, frutos, raízes, cascas e até mesmo hortaliças que, na época, também eram adicionadas a bebida (BRIGGS et al., 2004).

Dada o seu histórico de produção e uso é importante salientar que, posteriormente, a cerveja também se insere nas telas das crises mundiais, sendo a sua comercialização e consumo drasticamente diminuídos. As duas grandes guerras mundiais são exemplos, uma vez que foram responsáveis pela forte desaceleração do desenvolvimento da indústria cervejeira, prejudicando além da produção o comércio da bebida, os dois acontecimentos referenciados afetaram também a propagação da cerveja no mundo e novos estudos acerca de sua produção. Nos Estados Unidos, em 1918, instaurou-se a Lei Seca, sendo revogada apenas em 1933, por Franklin Roosevelt. Durante sua vigência, essa lei foi responsável pelo encerramento de grandes indústrias cervejeiras no país, levando à união, das empresas envolvidas, para a criação de um novo tipo de cerveja que pudesse reinserir o produto no mercado consumidor, de forma barata e popular, iniciando, então, a fabricação das American Lagers, que, posteriormente, se solidificaram no país. (CERVEJEIRORAIZ, 2019)

4.2. A CERVEJA NO BRASIL

A introdução da cerveja no Brasil ocorre em 1808, pela família real portuguesa que, nessa data, estava de mudança para as terras do então Brasil Colônia. Esse processo aconteceu simultaneamente à abertura dos portos brasileiros às nações amigas de Portugal, sendo a Inglaterra a primeira nação a introduzir a cerveja na colônia (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011).

A bebida consumida à época era a Gengibirra - composta por farinha de milho, gengibre, casca de limão e água - vendida, em garrafas ou canecas, a 80 réis (equivalente em reais R\$ 9,84). Conhece-se também a Caramuru - composta por milho, gengibre, açúcar

mascavo e água - e comercializada por 40 réis (equivalente em reais R\$ 4,92), o copo. Já em 1830, a cachaça, ainda era a bebida mais popular do Brasil, quando existia também, no país, o consumo de licores franceses e vinhos portugueses para o deleite da nobreza (COUTINHO, 2019).

Criado em 1853, o setor cervejeiro é um dos mais tradicionais do país, possuindo representação em todas as cidades brasileiras, indo do agronegócio ao pequeno varejo. Dessarte, a produção de cevada, no Brasil, ocupa cerca de 100.000 hectares de área plantada, comportando mais de 2.000 famílias empregadas e 300.000 toneladas produzidas/ano. Logo, a cerveja é responsável por cerca de 2,7 milhões de postos de trabalho – entre empregos diretos, indiretos e induzidos - desde a logística e embalagens até maquinário e construção civil, sendo, portanto, um dos setores que mais emprega e fomenta a economia nacional, responsável por 1,6% do PIB (CERVBRASIL, 2019).

Para a fabricação da cerveja, o componente de menor quantidade e de custo mais elevado é o lúpulo, responsável por fornecer aromas característicos - floral, picante, herbáceo, arborizado e frutado - à bebida além do amargor, estabilidade microbiológica e físico-química da cerveja (GONÇALVES et al., 2014; ROSA; AFONSO, 2015; FILHO; GASTONI, 2016; KRAMER et al., 2015). Praticamente 100% do lúpulo utilizado nas grandes cervejarias é importado. Todavia, nos últimos anos, iniciou-se a plantação de lúpulo no Brasil. Após diversas tentativas, alguns produtores brasileiros obtiveram êxito no cultivo desse ingrediente, no entanto este ainda é predominantemente utilizado na fabricação de cervejas artesanais. Ainda que pequena e em fase de teste, a produção do lúpulo brasileiro busca se aperfeiçoar e conquistar seu espaço no mercado (SARNIGHAUSEN; SARNIGHAUSEN; DAL PAI, 2017).

No entanto, ainda é uma produção primária e que enfrenta certa dificuldade, uma vez que o cultivo da planta exige condições específicas de clima e luz solar - cerca de dezessete horas de exposição ao sol durante sua floração. Porém, há que se considerar que algumas variedades de lúpulo têm se adequado satisfatoriamente ao clima brasileiro. Ainda assim, por se tratar de uma pequena produção, o Brasil importa o lúpulo majoritariamente dos EUA e da Alemanha, o que compromete o valor e a qualidade desse componente, em razão do armazenamento e transporte (PINTO, 2018).

4.3. PRODUÇÃO DA CERVEJA ARTESANAL/ESPECIAL NO BRASIL

Ainda que, de modo discreto, a produção de cerveja artesanal, no Brasil, teve início por volta de 1830, com os imigrantes e para consumo familiar. Essa atividade, era, na época, considerada uma arte culinária, de responsabilidade das mulheres. Somente em 1835 começou, de fato, a comercialização da bebida. Desde então, o consumo e a comercialização da cerveja vêm ganhando força, tendo seu cume no final do século XIX, quando se tornou possível a importação da bebida, já à época muito consumida. Onde passou a ser vendida em maior proporção, movimentação que continua crescendo e gerando novos empregos (DUARTE, 2019).

As cervejarias mais conhecidas surgiram no Rio de Janeiro, São Paulo e no Sul do país, são elas: Cervejaria Brasileira (RJ, 1836), Henrique Schoenbourg (SP, 1840), Georg Heirich Ritter (Nova Petrópolis/RS, 1846), Henrique Leiden (RJ, 1848), Vogelin & Bager (RJ, 1848), João Bayer (RJ, 1849), Gabriel Albrecht Schmalz (Joinville/SC, 1852), Henrique Kremer (Petrópolis/RJ, 1854) E Carlos Rey (Petrópolis/RJ, 1853) (DUARTE, 2019).

Atualmente, o Brasil é considerado o terceiro maior produtor de cerveja artesanal do mundo, contando com mais de 800 cervejarias artesanais. Assim, a indústria cervejeira nacional vem faturando bilhões por ano, devido aos seus investimentos em pesquisas de novos sabores e aromas. Carlos Lapolli, presidente da Associação Brasileira de Cerveja Artesanal, destaca “A previsão para 2019 é que a indústria de cerveja artesanal continue crescendo, em torno de 25% por ano no número de fábricas, e uma das tendências é a cerveja se interiorizar, ir para áreas onde é mais difícil encontrar uma cerveja artesanal”. Já Daniel Wolff, fundador e CEO da Mestre-Cervejeiro.com corrobora a fala “O mercado de cerveja artesanal vem crescendo no mundo. Por muito tempo, o mercado das cervejas foi dominado pelas grandes marcas, que, a cada ano, alteraram drasticamente o sabor de seus produtos. O consumidor, por sua vez, deseja novas experiências gastronômicas, sentir novos sabores, novos estilos e fazer novas harmonizações”. Nota-se que, devido ao crescimento e ao número de empregos gerados pelas cervejarias artesanais, é progressiva a criação de novos postos de trabalho. De acordo com o Ministério do Trabalho e Emprego, registrados pelo Cadastro

Geral de Empregados e Desempregados, 1.757 novos postos foram abertos, sendo 951 por pequenas e 806 por grandes empresas (DUARTE, 2019).

Assim, pode-se compreender que a maioria das cervejas, que têm um modelo de produção especial e que requer mais atenção, recebem o nome de cerveja artesanal, porém, em realidade, a forma adequada de se referir à essas bebidas é: cerveja especial. Essa nomenclatura pode incluir inúmeras variedades de cervejas que possuam incontáveis variedades de sabores e aromas, uma vez que a produção é feita de forma diferenciada, controlada por produtores e minuciosamente acompanhada. Nesse processo, o lúpulo confere a diferenciação necessária às cervejas especiais, sendo responsável pela estabilização da bebida, amargor, aroma, sabor e conservação (LARA, 2018). Como podemos observar na figura 2 :

Figura 2 : Variedades de lúpulo

	Mentolados	Chá	Frutas Vermelhas	Citricos	Verde / Fresco	Vegetais	Creme / Caramelo	Amadeirado	Picante / Herbais	Frutas Vermelhas	Frutas Doces
MILLENNIUM							+++			++	
MITTELFRUH							++		+++	+	
MOSAIC				++	++					++	++
MT. HOOD								+	++	+	
NUGGET		+					++				++
OPAL								+	++		
PERLE									++		
POLARIS	++		+	++		+++					++
SAPHIR								+	++	++	
SMARAGD						+		++			
SUMMER				+	++	+++			+	+	
TAURUS								++	++		
TETTANG							++	++	+		
TOPAZ								+		+++	
TRADITION	+			++						+	
TRISKEL					+		+				

Fonte: Barth-Haas Hops Companion - A Guide to the Varieties of Hops and Hop Products

4.4. O LÚPULO

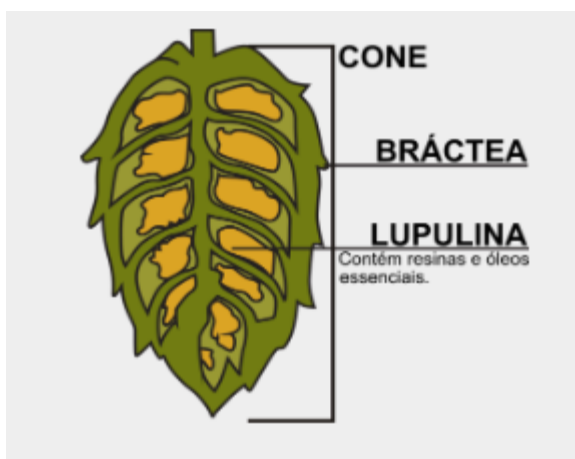
Para Farag e Wessjohann (2012), “o lúpulo (*Humulus lupulus L.*) é uma planta de grande importância econômica e cultivada em zonas temperadas do planeta.” Acredita-se que as primeiras colheitas do lúpulo, no mundo, aconteceram no ano 200 d.C, considerando que

esse componente foi utilizado para a fabricação de cerveja apenas no ano de 1079 (MOIR, 2000).

O lúpulo é cientificamente conhecido por *Humulus lupulus linnaeus*, da espécie pertencente à ordem das Rosales e à família *Cannabaceae* (ALMAGUER et al., 2014). O *Humulus* (gênero) é composto por três espécies: *H. lupulus*, *H. japonicus* e *H. yunnanensis*. Destas, apenas o *H. lupulus* e o *H. japonicus* são, em larga escala, cultivadas para finalidade comercial (NEVE, 1991).

As flores do lúpulo se apresentam na forma macho ou fêmea, sendo a reprodução função exercida pelas flores machos (FARAG; WESSJOHANN, 2012). Já as flores fêmeas, quando não fertilizadas, são de grande interesse à indústria cervejeira, pois nelas são encontradas, em quantidades apreciáveis, as glândulas de lupulina, substância responsável pela secreção de um pó amarelo, que contém substâncias químicas, como: polifenóis, resinas e óleos essenciais. (WANNENMACHER; GASTL; BECKER 2018) (TING; RYDER, 2017). Justamente a essas substâncias que são conferidas as características anti-inflamatórias, anti-bacterianas e organolépticas (LEITE, 2009) que indicam a qualidade do lúpulo utilizado (KRALJ et al., 1991).

Figura 3: Corte transversal de um cone de flor de lúpulo.



Fonte: <http://www.quimicavolatil.com.br/2010/10/lupulo-o-sabor-satisfatorio-da-cerveja.html>.

O *Humulus Lupulus*, que é usado na produção da cerveja, é retratado como uma trepadeira perene, com flores/cones as quais contêm, em quantidades substanciais, resinas responsáveis pelo amargor e polifenóis antioxidantes, além dos óleos que são essenciais para a garantia do aroma (RETTBERG; BIENDL; GARBE, 2018; BAXTER; HUGHES, 2001).

Sendo um dos ingredientes essenciais na produção da cerveja e devido as suas propriedades, o lúpulo tem importante papel na garantia de aromas e sabores da cerveja, além de complexar-se com proteínas e reduzir riscos microbiológicos. Assim, é substancial destacar que as cervejas são divididas de acordo com a fermentação, considerando que, a cada uma, o lúpulo confere uma característica específica em medida de amargor chamada IBU (*International Bitterness Unit*) (FERGUS; GRAHAM, 2006).

Considerando que a bebida em estudo é classificada em razão do seu processo fermentativo, é possível, então, classificá-la em dois grandes grupos: o de alta fermentação e o de baixa fermentação. Na produção de cervejas mais tradicionais, como a ALE, utiliza-se o micro-organismo da espécie *Saccharomyces cerevisiae* - com fermentação em torno de 18 °C, na média de 04 ou 05 dias - enquanto para a produção das cervejas de baixa fermentação, a exemplo da Lager, utiliza-se do micro-organismo *Saccharomyces uvarum*, em temperatura média de 12 °C durante 08 ou 09 dias (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011).

Alemanha (Hallertau) e Estados Unidos (Washington, Oregon e Idaho) são, juntos, responsáveis por cerca de 80% da produção mundial de lúpulo, já que, nesses países, é possível encontrar condições ideais para o cultivo do lúpulo: solos argilosos ou profundamente arenosos e de fácil drenagem, com as raízes com mais de 2 m de profundidade e alta exposição solar durante o crescimento - entre 15h e 18h de sol por dia com clima frio também (NEVE, 1991). Portanto, faz-se necessário compreender que a produção do lúpulo, no Brasil, ainda que incipiente, é importante e segue em ritmo constante de desenvolvimento, uma vez que a demanda de lúpulo no país é alta. Sobre essa questão, é válido dizer que, somente no ano de 2015, o Brasil importou cerca de 4 mil toneladas de lúpulo - utilizada para a produção de 14 bilhões de litros de cerveja - gastando uma média de R\$ 200 milhões de reais nesse processo, fato que leva o Brasil a ocupar o terceiro lugar como o maior importador de lúpulo do planeta (ARAUJO, 2016).

4.5. LÚPULO: COMPONENTES QUE AFETAM O SABOR

Atualmente, se cultiva basicamente uma única espécie de lúpulo, porém, de inúmeras variedades, classificadas de acordo com sua contribuição específica a cada tipo de

cerveja: aroma, amargor ou de amargor e aroma. É válido dizer ainda que é de acordo também com os óleos essenciais e α -ácidos, que se dá a utilização do lúpulo pelos cervejeiros. Lúpulos de novas variedades vêm sendo cultivados, principalmente para manipulação dos compostos da planta, mas, também, para torná-los mais resistentes a pragas e aumentar o rendimento dos cones. O lúpulo é utilizado na produção de três formas: flores desidratadas, pellets e extrato (FERGUS; GRAHAM, 2006).

No processo de produção da cerveja, o produto com o maior valor é o lúpulo, e, com isso, é muito grande a importância da escolha da melhor composição, dentre as variedades da planta, para a utilização. Sabe-se que há um baixo rendimento da planta no peso das flores, ademais, na produção de pellets, o modo mais utilizado do lúpulo nas cervejarias, gera a perda de 10% aproximadamente na sua produção. Por isso, a busca é substancial por lúpulos de alto índice de amargor e com compostos importantes que conferem aroma, sendo, assim, válido diferenciar os tipos de lúpulo em amargor, aroma ou duplo propósito. (KUNZE, 2011)

Os lúpulos de amargor, contêm em si alto índice de α -ácidos, entre 10% a 15%, quando este é de alta qualidade há de ter menos de 25% de cohumulona, mostrando, com isso, que a qualidade do lúpulos não está relacionada apenas à variedade, como também ao seu cultivo, já que as condições climáticas durante o ano é fator determinante na qualidade do lúpulos. Todas as variedades possuem resina, da qual se extrai os ácidos, tanto o α -ácido quanto o β -ácido que são ácidos importantes para o amargor. Nos α -ácidos, é possível encontrar três compostos majoritários: humulona, cohumulona e adhumulona. Já nos β -ácidos, os três compostos mais comuns são: colupulona, lupulona e adlupulona. Mesmo que a proporção dentre as formas sejam variáveis, a proporção de adhumulona nos α -ácidos é sempre inferior que as demais, assim como a adlupulona é a menor porção dos β -ácidos (FERGUS; GRAHAM, 2006; KUNZE, 2011).

É por meio dos lúpulos de aroma, os quais guardam consigo agradáveis compostos que trazem características sensoriais singulares às cervejas - possuindo compostos que promovem aromas finos, como farneseno e cariofileno - que as cervejas podem apresentar diferentes aromas. Contudo, os lúpulos de aroma elevam o valor do produto, pois apresentam uma baixa quantidade de α -ácidos de 2,4% a 5%, diferente do lúpulo de amargor. Portanto, são muito importantes os óleos essenciais nos lúpulos de aroma, já que estes possuem mais

de 300 componentes que proporcionam aromas e com isso alta complexidade. Os óleos essenciais são em sua maioria, compostos por hidrocarbonetos, terpenos, salvo algumas exceções. Por intermédio da análise por cromatografia gasosa, dos seus óleos essenciais, é possível caracterizar os componentes dos óleos essenciais (FERGUS; GRAHAM, 2006; BAMFORT, 2010; KUNZE 2011).

Dentro do processo cervejeiro, a adição do lúpulo se dá de modo comum, durante a fervura do mosto, e, dependendo das características desejadas à cerveja, muda-se o tempo de adição. Assim, em razão de os óleos essenciais serem voláteis, coloca-se os lúpulos aromáticos, normalmente, no final da fervura, para que haja menos perdas desse composto. Diferente dos lúpulos de amargor, que, para aumentar sua solubilidade, necessitam de isomerização para o desenvolvimento das formas isomerizadas dos compostos de amargor. A isomerização resulta nas formas análogas dos iso- α -ácidos, como isocohumulona, isohumulona e isoadhumulona (FERGUS; GRAHAM, 2006; KUNZE, 2009).

4.6. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO LÚPULO

As flores de lúpulo possui uma composição química complexa, tais como: resinas totais, polifenóis, óleos essenciais, proteínas, ceras, entre outros.(TING; RYDER, 2017; ALMAGUER et al., 2014; BAXTER; HUGHES, 2001,). Conforme é mostrado na tabela 1, podem ser notadas as principais classes dos componentes predominantes nas flores de lúpulo e suas respectivas quantidades médias expressas em base seca.

Tabela 1: Principais constituintes encontrados em flores secas de lúpulo.

Componentes	Quantidade % (m/m)
Resinas totais	15 - 30
Óleos essenciais	0,5 - 3
Proteínas	15

Monossacarídeos	2
Polifenóis	4
Pectinas	2
Aminoácidos	0,1
Ceras e esteroides	Traços - 25
Cinzas/sais	8
Água	10
Celulose/Lignina	4

Fonte: ALMERGUER et al., 2014; BENITEZ et al., 1997.

É importante salientar que fatores como variedade do lúpulo, as técnicas e o local de cultivo, o grau de maturação no momento da colheita, além de fatores pós-colheita como secagem, peletização e armazenamento podem levar a variações na proporção dos componentes apresentados na Tabela 1 (VERZELE; KEUKELEIRE, 1991).

4.6.1 ÁCIDOS AMARGOS

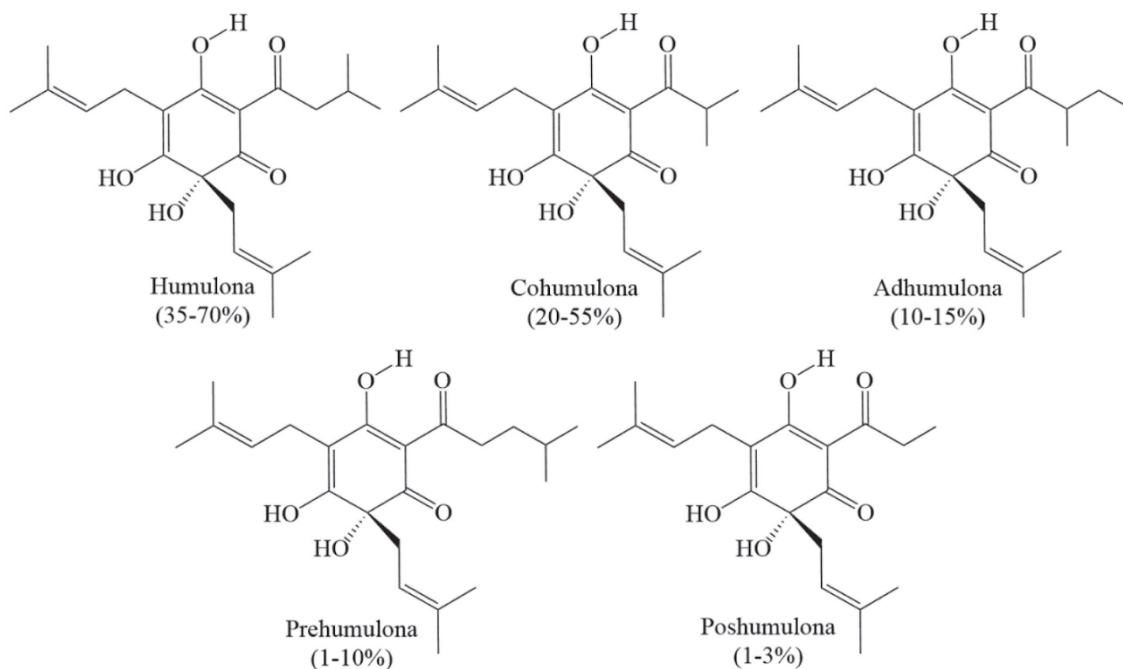
Os ácidos fenólicos alicíclicos resinosos conhecidos como ácidos amargos, encontrados nas resinas do lúpulo, são compostos de uma mistura de α - e β -ácidos (humulonas e lupulonas, respectivamente), que podem representar de 5 -21% da massa, do lúpulo, em base seca. O teor de α -ácido no lúpulo é correlativo ao cultivo, em média, e constitui de 9-10% da massa do lúpulo em base seca, apesar de já se encontrar no mercado lúpulos com mais de 20% de α -ácido (YAKIMA, 2018). A variedade alemã, denominada de lúpulo Polaris, é destacada por apresentar um teor de α -ácidos de 18-23% (HEALEY, 2016).

Os componentes mais relevantes e conhecidos do lúpulo são os α -ácidos, determinados quimicamente como os compostos que são precipitados quando se adiciona acetato de chumbo, formando sais de chumbo com cor amarelada. Geralmente, essa reação acontece quando a função álcool terciária, presente na estrutura molecular dos α -ácidos,

forma um complexo com o chumbo, o que não ocorre com as moléculas de β -ácidos (VERZELE; KEUKELEIRE, 1991; STEVENS, 1966).

Por meio da análise por cromatografia líquida de alta eficiência se faz a caracterização e quantificação dos α -ácidos, representando, assim, os diferentes componentes presentes nessa fração dos ácidos amargos. Nessa quantificação, as humulonas (30-70%) representam a maior porção, seguida pelas cohumulonas (20-55%), adhumulona (10-15%), prehumulona (1-10%) e posthumulona (1-5%). Entretanto, as proporções de humulonas e cohumulonas são subordinados a variedade do lúpulo (HARDWICK, 1994; VERZELE, 1986).

Figura 4: Estruturas químicas dos principais α -ácidos (humulonas) do lúpulo.



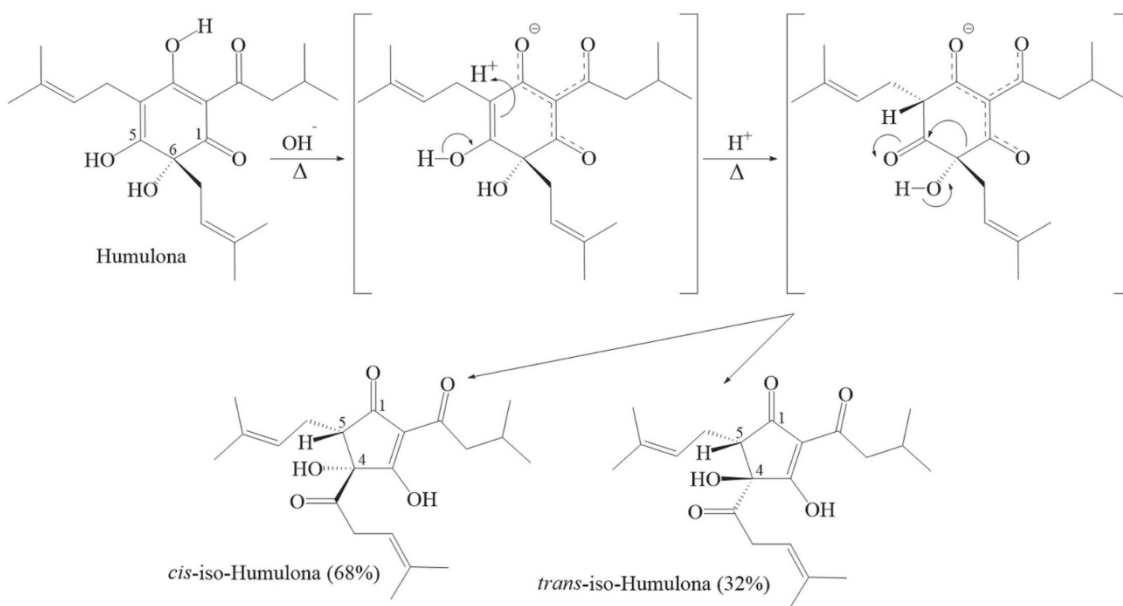
Fonte: VERZELE; KEUKELEIRE, 1991.

Após sua isomerização, esses componentes colaboram positivamente para o amargor da cerveja, por formarem a principal classe de compostos necessários ao amargor. O lúpulo adicionado na cerveja agrega um amargor agradável, por meio do qual são definidas algumas características intrínsecas de certas cervejas. No entanto, estas substâncias não têm apenas a influência sensorial na cerveja, como também um efeito antibacteriano, especialmente, sobre bactérias gram-positivas, contribuindo na preservação do produto. O mecanismo de ação

microbiana é atribuído à interferência do grupo prenil, característico das cadeias laterais dos β -ácidos do lúpulo, com a membrana plasmática da célula dos microrganismos. Além de que, os ácidos amargos ajudam na estabilização da espuma da cerveja, o que foi observado pela presença dos iso- α -ácidos. Estes, por sua vez, se ligam às proteínas localizadas na parede das bolhas presentes na espuma (DE KEUKELEIRC, 2000; KROTTENTHALER, 2009).

Os α -ácidos são isomerizados através da fervura como iso- α -ácido, que são mais solúveis no mosto e mais amargos, não sendo imediatamente transferidos para a cerveja porque tem baixa solubilidade em soluções aquosas. Na contração do anel acilado, há isomerização térmica que é a mais relevante para os ácidos amargos do lúpulo (figura 4). De acordo com a posição espacial do álcool terciário C (4) e a cadeia lateral prenil localizada no C (5), as moléculas epimericas de isohumulona (originadas de cada humulona) podem ter formas cis- isohumulona ou trans-isohumulona. Habitualmente, no mosto encontram-se 68% do composto cis- isohumulona, dependendo das condições de reação (DE KEUKELEIRC, 2000; VERZELE, 1986).

Figura 5: Representação da reação de isomerização da humulona em cis/trans-iso-humulonas durante o processo de fervura do mosto.



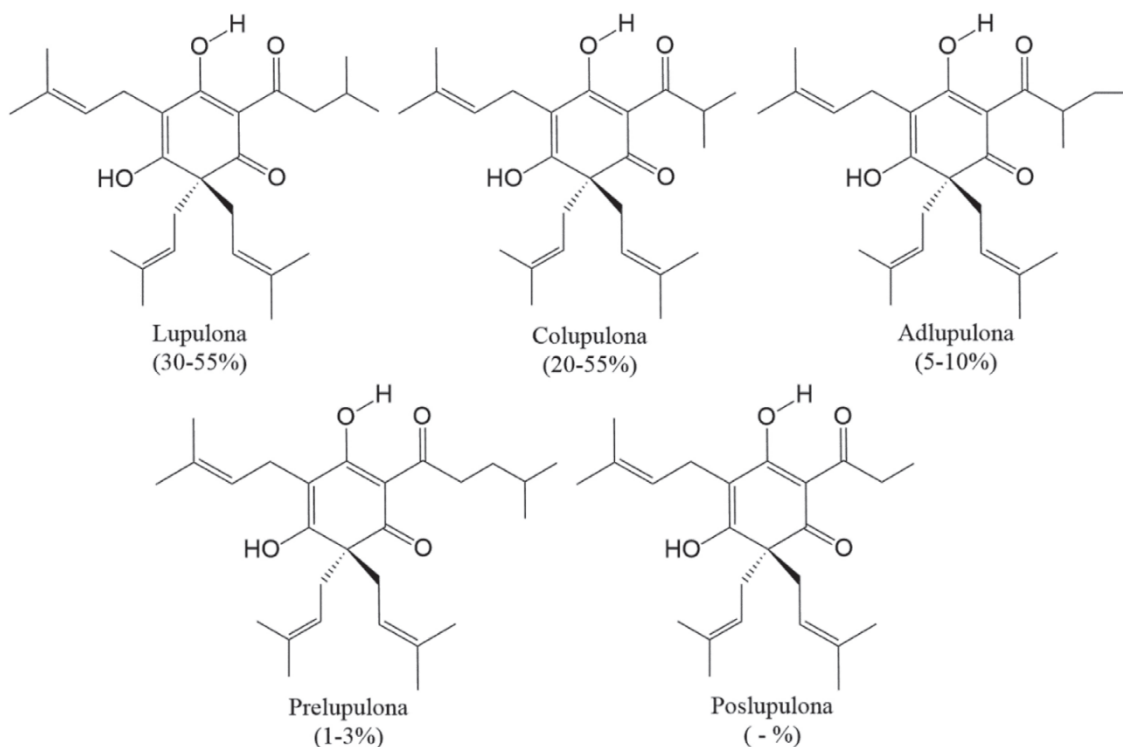
Fonte: MALOWICKI; SHELLHAMMER, 2005

Com um amargor equivalente ao da quinina, os compostos isoméricos sobressaem aos não isomerizados, com limite de quantificação em água de 6 ppm. Sendo assim, o mais importante para o amargor da cerveja são os iso- α -ácidos. O amargor, percebido pelos apreciadores da bebida em estudo, é modificado pela mistura desses compostos com açúcares, o que torna esse sabor mais prazeroso no paladar (DE KEUKELEIRC, 2000).

Quanto aos β -ácidos, considera-se que já não são tão aplicáveis no processo de sabor da cerveja, mas possuem características antimicrobianas (devido à presença de três grupos isoprenil) e também são sensíveis a oxidação, o que os torna muito úteis para conservação na estocagem da cerveja e como agentes antioxidantes. Apesar disso, recentemente descobriu-se que os β -ácidos geram produtos de transformação amargos durante a fervura do mosto, tornando-os potenciais geradores de compostos de gosto amargos para cerveja (HASELEU; INTELMAANN; HOFMANN, 2009).

No produto final, as características, atribuídas pelos β -ácidos, ainda não são tão exploradas e, por isso, as cervejarias usam lúpulo com menor teor desses (BOULTON, 2013; DE KEUKELEIRC, 2000). Os β -ácido são cristalinos, sem cor na resina e são compostos por lupulonas. Na figura abaixo (figura 6), é possível identificar as três formas mais comuns de seus componentes, entre as cinco moléculas homólogas lupulona (30-55%), colupulona (20-55%), adlupulona (5-10%), prelupulona (1-3%) e postlupulona (teor desconhecido), que são distintas pela cadeia lateral. (VERZELE, 1986). Somente traços do β -ácido podem ser encontrados na cerveja, devido a sua baixa solubilidade em água (ALMAGUER et al., 2014).

Figura 6: Estruturas químicas dos principais β -ácidos (lupulonas) do lúpulo.

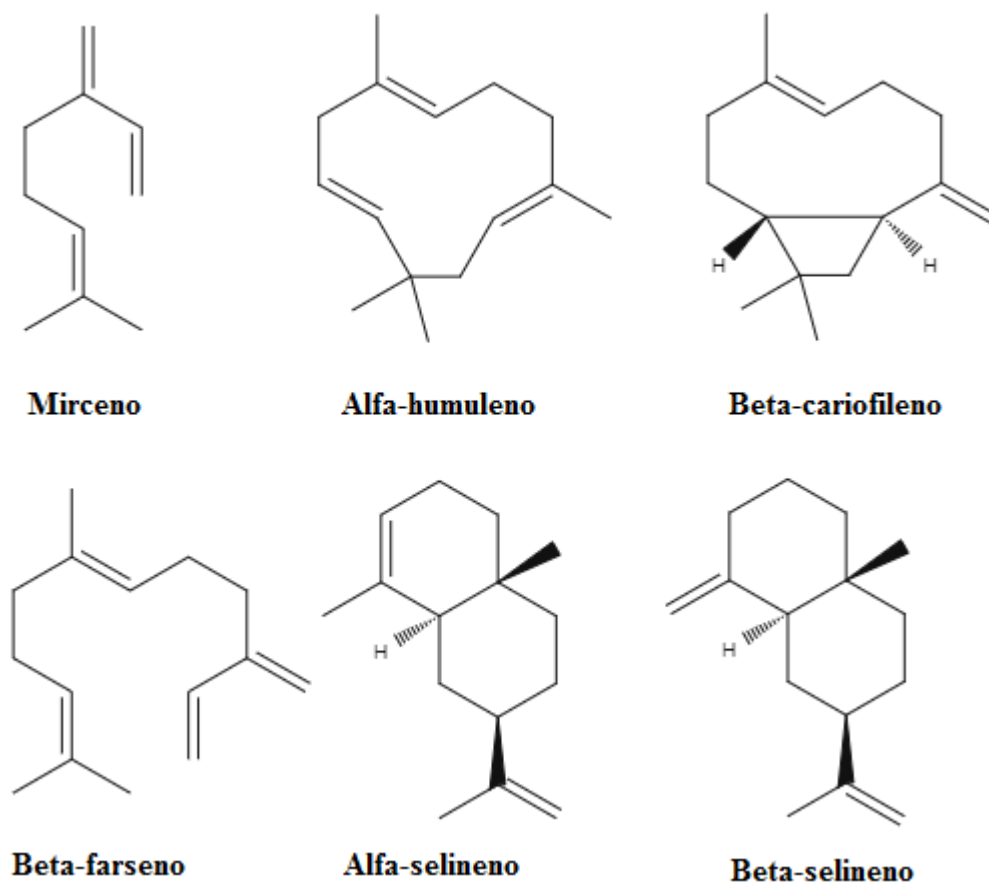


Fonte: VERZELE; KEUKELEIRE, 1991.

4.6.2 ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais, no lúpulo, são produzidos nas glândulas de lupulina que representam de 0,5 a 3% da massa do lúpulo seco (BOCQUET et al., 2018; ALMAGUER et al., 2014; EYRES; DUFOUR, 2009). Os compostos mais importantes para o aroma da cerveja são o mirceno, humuleno e cariofileno (todos esses hidrocarbonetos terpenos)(figura 7), estes representam juntos cerca de 80% do total dos óleos essenciais (ALMAGUER et al., 2014; HARDWICK, 1994; VERZELE, 1986).

Figura 7: Terpenos majoritários dos óleos essenciais



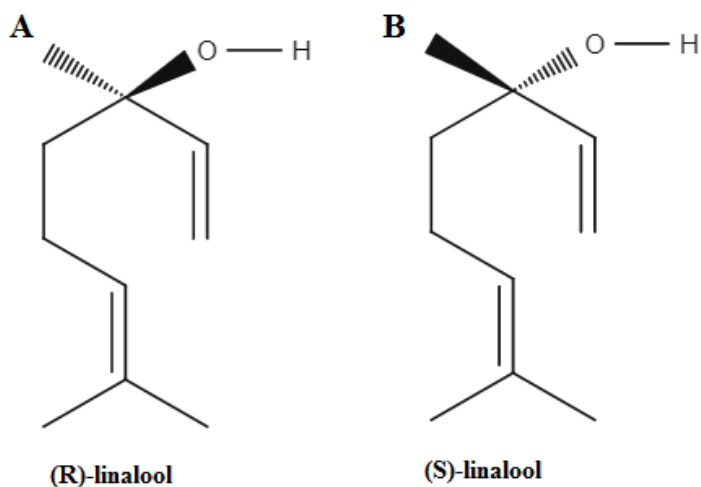
Fonte: HARDWICK, 1994

Os lúpulos de aroma são aqueles que apresentam aromas característicos e intensos, de acordo com as propriedades dos seus óleos essenciais, e que têm baixas quantidades de humulonas e lupulonas ($\leq 5\%$) (PALMER, 2017). Eles, geralmente, são acrescentados no final do processo de fervura do mosto ou na etapa de lupulagem tardia ou ainda durante a maturação para que não se percam as substâncias voláteis dos óleos essenciais, para dar presença marcante ao aroma da cerveja, diferentemente dos lúpulos de amargor. Várias notas de aroma e o próprio sabor são atribuídos, à cerveja, devido aos óleos essenciais, podendo ser notas de amadeirado, cítrico, especiarias, floral, frutado, sulfuroso, herbal, resinoso, terroso e picante (BAMFORTH, 2010).

Presente nos óleos essenciais, estão os hidrocarbonetos oxigenados, que são compostos por uma mistura de álcoois, aldeídos, ácidos cetonas, epóxidos e ésteres. Eles representam cerca de 30% do total dos óleos essenciais. Apenas uma parte ínfima dos componentes oxigenados ainda permanecem na cerveja, apesar de terem contribuído muito para o sabor da cerveja. Essas substâncias são detectadas em partes por bilhão, em vez de partes por milhão. (ALMAGUER et al., 2014) (HARDWICK, 1994).

Dessas substâncias oxigenadas, uma das mais interessantes do lúpulo é o linalool, importante indicador de qualidade do aroma da cerveja. Para obter o linalool, é preciso hidratar o β -mirceno juntamente com um composto quiral, que é encontrado como dois compostos enantiômeros, representados por (R)-(-)-Linalool e (D)-(+)-Linalool (figura 8). A forma (R)-linalool é presente em proporções menores no óleo essencial e é responsável pelo sensorial floral na cerveja. Esse composto possui uma detecção por volta de 6 ppb em água e 10 ppb na cerveja. (ALMAGUER et al., 2014) (HARDWICK, 1994).

Figura 8: Estereoisômeros do linalol



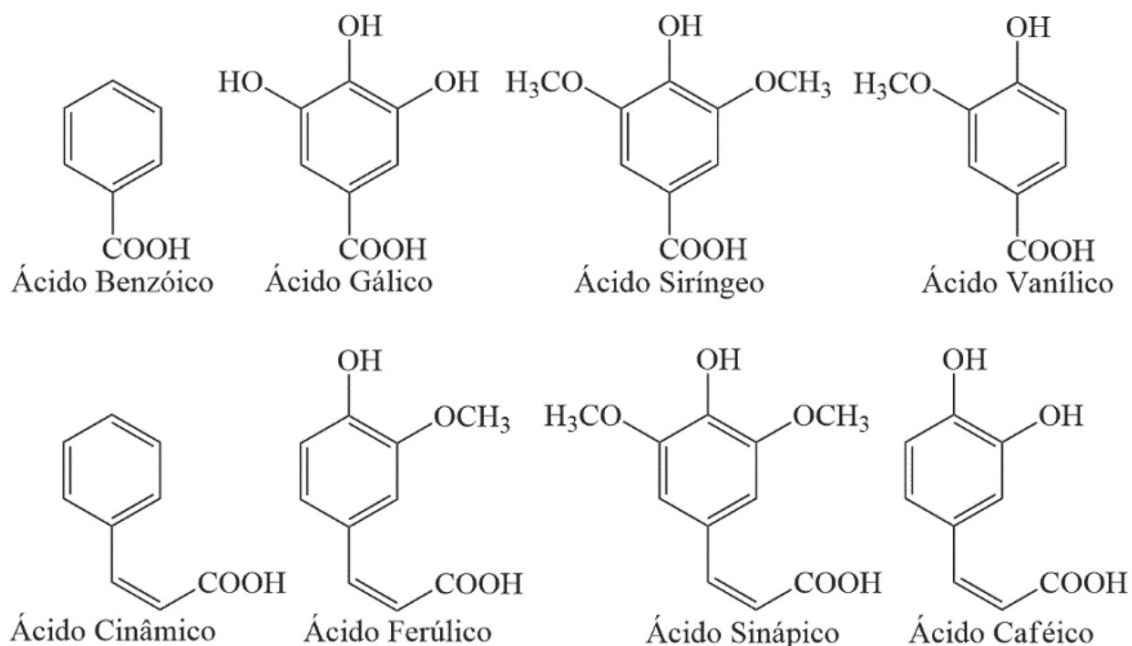
4.6.3. POLIFENÓIS

Os polifenóis são derivados de compostos benzênicos monohidroxilados e compostos por um ou mais átomos de carbono no anel aromático, que, por sua vez, é ligado a um grupo hidroxil. Eles contêm, geralmente, dois ou mais grupos fenólicos ligados (figura 9), e conferem a adstringência à cerveja. Assim como os β -ácidos, os polifenóis oxidados também têm ação antioxidante, auxiliando na experiência sensorial do produto final e, além disso, também contribuem para a definição da cor da cerveja e promovem estabilidade coloidal da espuma (BOULTON, 2013).

A composição do polifenol do lúpulo depende de fatores como: variedade, região da plantação e estado de maturação da planta, sendo assim, em plantas com avançado estado de maturação, o teor de polifenóis é maior se comparado ao lúpulo fresco. De uma maneira geral, os mesmos fazem parte do metabolismo secundário da planta, representam cerca de 4 % do peso do cone de lúpulo seco e são, em sua maioria, encontrados nas pétalas. No mosto, cerca de 20 a 30% dos polifenóis advêm do lúpulo, e o restante, do malte. Estes ainda são divididos em condensáveis (80%) e hidrolisáveis, sendo os primeiros monoméricos com seus glicosídeos que têm a propensão de se polimerizarem e formarem moléculas de alto peso molecular (ALMAGUER et al., 2014) (KROTTENTHALER, 2009).

Os polifenóis simples, encontrados no mosto, podem ser representados pelos ácidos monofenólicos de dois grupos, que incluem o ácido gálico, ácido protocatecuico, ácido vanílico, ácido cafeico e outros. Esses compostos são responsáveis por conferirem adstringência e/ou amargor à cerveja, dependendo da polimerização, que pode acrescentar ainda mais adstringência, se for mais polimerizado (em meio aquoso é possível destacar bem essa constatação).

Figura 9: Estruturas químicas de alguns ácidos fenólicos do lúpulo



Fonte: BOCQUET 2018

De acordo com o tamanho molecular, é possível estabelecer outra constatação a respeito do amargor, visto que os monômeros são mais importantes que os dímeros, que, por sua vez, são mais importantes que os trímeros. O amargor dos polifenóis interage com o amargor dos iso- α -ácidos, e, assim, o amargor de cervejas com baixos níveis de polifenóis possibilita sensação sensorial semelhante à promovidas pelos iso- α -ácidos, em intensidade e qualidade. Em altos níveis de polifenóis, o amargor já possui caráter medicinal e metálico (ALMAGUER et al., 2014) (BOULTON, 2013).

4.7. RELAÇÃO DOS SABORES COM ESTILOS

Estilo pode ser definido como a forma, ou técnica, única pela qual alguma coisa é feita, e isso resulta em diferentes produtos. Assim, os sabores da cerveja são importantes para demarcar o seu estilo. Ademais, os tipos de sabor e, conseqüentemente, os estilos se alteram, dependendo da região em que a cerveja é produzida, considerando que os ingredientes e também processo de fabricação contribuem relevantemente para a caracterização da bebida

em estudo. Não obstante, o desejo do consumidor final deve ser sempre levado em consideração pelo produtor na elaboração da bebida (KUNZE, 2011).

De acordo com a região de criação de determinada cerveja, o estilo desta é compartilhado com outras regiões próximas. Os atributos que compõe um estilo incluem o corpo da cerveja, teor alcoólico, perfil aromático, amargor e, até mesmo, a cor. Contudo, um mesmo estilo pode ter suas características diferenciadas de produtor cervejeiro para outros, mas mantém uma formulação específica, o que permite distinguir um estilo de outro. Também é relevante o tipo de ingrediente, que altera as percepções sensoriais, de acordo com a região em que é produzida, construindo assim o perfil sensorial de cada estilo (DANIELS, 1996).

Outro fator importante, para determinação do estilo, é o sabor da cerveja, característica importante tanto o gosto, quanto o retro gosto (que destaca o amargor). O valor dos compostos advindos do produto são, em essência, o limiar do sabor. Podemos também definir uma cerveja pelas suas características físico-químicas, medidas ao longo da produção e, também quando, a bebida já está pronta (DANIELS, 1996; KUNZE, 2011).

Assim com o vinho, a complexidade do buquê de aromas de uma cerveja torna o produto extremamente desejado. Contudo, a diferença é que os aromas, da cerveja, advêm de reações complexas que ocorrem durante sua produção (inclusive durante a própria fermentação, visto que as leveduras produzem vários subprodutos, diferenciados pelas cepas) e dos ingredientes utilizados. Existem dois tipos de fermentação, alta (ale) e baixa (lager), o que também diferencia as leveduras (KUNZE, 2011).

O buquê aromático da cerveja também é composto pelos produtos das leveduras, com destaque para os álcoois de alta massa molecular e os ésteres. Esses dois últimos componentes têm a relação no andamento da fermentação, ou seja, uma alta proporção de álcool em relação aos ésteres caracteriza uma fermentação normal. O contrário também ocorre, mas, geralmente, devido a uma grande quantidade de ar dentro do tanque de fermentação, esse processo causa a perda de características de sabor e por isso não é desejável. Leveduras de alta fermentação também produzem mais ésteres do que álcoois, e, para a correção desse problema, pode-se aumentar a pressão e a temperatura durante a fermentação para a redução de produção desses compostos. Cervejas mais fortes têm notas

mais ésteres e sabor mais arredondado, já cervejas como as lager e estilo pilsner tem notas mais alcoólicas (KUNZE, 2011).

O fator mais usual para se distinguir um estilo de cerveja é a fermentação. Portanto, os dois tipos de fermentação, citados acima, são critério para separar os estilos em dois grandes grupos, que levam o mesmo nome da fermentação: Ale e Lager. É importante dizer ainda que, de acordo com a escola cervejeira, há preferências pelo tipo de fermentação. Assim, na escola inglesa, prefere-se a Ale, e na alemã, a Lager, por exemplo (KLING, 2006; KUNZE, 2011).

O tipo de fermentação é outro fator que, entre os estilos de cerveja, influência nas diferenças sensoriais. Sendo assim, as leveduras de alta fermentação (*Saccharomyces cerevisiae*) produzem um aroma mais frutado, aromático e picante, enquanto as leveduras de baixa fermentação (*Saccharomyces carlsbergensis*) produzem um buquê aromático mais leve, menos florado e mais suave. As diferenças também são percebidas durante o processo de fermentação, no qual as leveduras de alta fermentação trabalham a uma temperatura entre 18 e 23 °C por cerca de 2 a 4 dias de fermentação, ao passo que, as de baixa fermentação necessitam de temperaturas mais baixas, por volta de 7 a 12 °C e o tempo de fermentação é mais elevado, durando cerca de 6 a 10 dias (KLING, 2006).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a análise contextualizada de vários pontos que abrangem os componentes e fatores que fornecem as cervejas especiais suas características. É possível concluir que as concentrações dos ácidos amargos, óleos essenciais e polifenóis são os responsáveis pelas variedades de cervejas especiais que encontramos no mercado de bebidas.

Contudo, destaca-se que, ainda que incipiente, a produção de lúpulo no Brasil existe e têm obtido êxitos, o que incentiva estudos e pesquisas na área, uma vez que o produto utilizado nas cervejarias brasileiras é importado e de alto custo. Fomentar o cultivo de lúpulo no país, como já abordado, melhoraria os custos da confecção da bebida e geraria novos e mais empregos, em cadeia, neste setor, que cresce de modo exponencial ao decorrer dos últimos anos.

Portanto compreende-se, com base neste trabalho que, o estudo de novas metodologias para a produção de cervejas com enfoque no cultivo nacional de lúpulo agrega não só novos conhecimentos à indústria brasileira, como também solidifica o nome do Brasil no mercado mundial de cerveja, além de trazer novos horizontes no ramo de pesquisas de ingredientes da produção dessa bebida.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

ALMAGUER, C.; SCHONBERGER, C.; GASTL, M.; ARENDT E. K.; BECKER, T.; J. **Inst. Brew.** 2014, 120, 289.

ALMEIDA, P. L. M. R., 1985 **Estudo da síntese de um análogo de alfa-ácido presente em lúpulo e correlação do comportamento eletroanalítico com o amargor da cerveja** [recurso eletrônico] / Paolla Lorryne Maciel Rodrigues Almeida. - 2019.

AQUARONE, E.; BORZANI W.; SCHMIDELL W.; LIMA; A. U. **Biotecnologia Industrial.** 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. P.91-143.

ARAÚJO, N. **Variedade brasileira de lúpulo é descoberta na Serra da Mantiqueira.** **Globo Rural,** 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2016/05/variedade-brasileira-de-lupulo-e-descoberta-na-serra-da-mantiqueira.html>>. Acesso em: 30-11-2019.

BAMFORTH, W. C. **Beer is Proof God Loves Us.** FT Press, 2010. 237 p. ISBN: 0-13-706507-8.

BAXTER, E. D.; HUGHES, P. S.; **Beer: quality, safety and nutritional aspects,** 1st ed., RSC Paperbacks: Cambridge, 2001.

BENITEZ, J. L.; FORSTER, A.; KEUKELEIRE, D.; MOIR, M.; SHARPE, F. R.; VERHAGEN, L. C.; WETWOOD, K. T.; **Hops and Hop Products,** Verlag Hans Carl: Nurenberg, 1997.

BERTÃO, N. I. Revista veja: **Sorvete de cerveja chega aos bares na próxima semana.** [S. l.], 7 mar. 2013. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/economia/sorvete-de-cerveja-chega-aos-bares-na-proxima-semana/>. Acesso em: 13 nov. 2019.

BOCQUET, L.; SAHPAZ, S.; HILBERT, J. L.; RAMBAUD C.; RIVIERE, C.; **PHYTOCHEM. Rev.** 2018, 17, 1047.

BOULTON, C. A. **Encyclopedia of Brewing.** [s.l.] John Wiley & Sons, 2013.

BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES; STEVENS, R. **Brewing Science and practice. North America:** CRC Press LLC, V1.2004

CERVBRASIL, . Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/o-setor-ervejeiro-mais-emprega-no-brasil/>. Acesso em: 04 nov. 2019.

CERVBRASIL, . Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/mercado-ervejeiro/>. Acesso em: 04 nov. 2019.

CERVEJEIRORAIZ. **História da Cerveja: Da antiguidade à Idade Moderna**. [S. l.], 27 jan. 2019. Disponível em: <http://cervejeiroraiz.com.br/historia-da-cerveja/>. Acesso em: 13 nov. 2019.

COOPER, H.M. **Integrating Research: a guide for literature reviews**. 2. ed. London SAGE publication, [s.l], v.2, p.155, 1989.

COUTINHO, C. A. T. **Historia da cerveja no Brasil**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/historia-geral/historia-da-cerveja-no-brasil>. Acesso em: 13 nov. 2019.

DANIELS, R.; **Designing great beers - The ultimate guide to brewing classic beer styles**, Brewers Publications, 2000.

DE KEUKELEIRE, D. **Fundamentals of beer and hop chemistry**. Química Nova, v. 23, n. 1, p. 108-112, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000100019>

DUARTE, A. R. **Mercado cervejeiro em pleno crescimento**. [S. l.], 22 fev. 2019. Disponível em: <https://mestre-cervejeiro.com/rede-mestre-cervejeiro-com-em-pleno-crescimento/>. Acesso em: 27 nov. 2019

EYRES, G.; DUFOUR J. P. **Hop Essential Oil: Analysis, Chemical Composition and Odor Characteristics**. In: **Beer in health and Disease Prevention**. Department of Food Science, University of Otago, Dunedin, New Zealand: Elsevier, p. 239- 254, 2009. ISBN: 978-0-12-373891-2.

EßLINGER, H.M. **Handbook of Brewing: Process**, 1a. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2009, p. 200-250.

FARAG, M. A.; WESSJOHANN, L. A. **Cytotoxic effect of comercial *Humulus lupulus* L. (hop) preparations – In comparison to its metabolomic fingerprint**. Journal of Advanced Research, Cairo, v. 4, n. 4, p. 417–421, 2012.

FERGUS G. P. e GRAHAM, G. S.; **Handbook of Brewing. Second Edi ed.**Boca Raton: [s.n.], 2006.

FILHO, V.; GASTONI, W. **Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. 2 ed. São Paulo: Editora Blucher. 2016, v.1, 576 p.

FOGLIATTO, F.; SILVEIRA, G. **Organização de Textos Científicos**, 2007. Disponível em:<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/146_seminario_de_pesquisa_2_diretrizes_referencial_teorico.doc>. Acesso em: 05 dezembro 2019.

GONÇALVES, J. L; FIGUEIRA, J. A.; RODRIGUES, F. P.; ORNELAS, L. P.; BRANCO, R. N.; SILVA, C. L.; CAMARA, J. S. **A powerful methodological approach combining headspace solid phase microextraction, mass spectrometry and multivariate analysis for**

profiling the volatile metabolomic pattern of beer starting raw materials. Food chemistry. v. 160, p. 266-280, 2014.

HARDWICK, W. **Handbook of Brewing.** v. 15, p. 728, 1994.

HASELEU, G.; INTELTMANN, D.; HOFMANN, T. **Structure determination and sensory evaluation of novel bitter compounds formed from β -acids of hop (*Humulus lupulus* L.) upon wort boiling.** Food Chemistry, v. 116, p. 71-81, 2009.

HEALEY, J. **The Hops List: 265 Beer Hop Varieties From Around the World.** 1 ed. Julian Healey, 2016. 550 p.

KRALJ, D.; ZUPANEC, J.; VASILJ, D.; KRALJ, S.; PŠENIČNIK, J. **Variability of Essential Oils of Hops, *Humulus lupulus* L..** Journal of the Institute of Brewing, Zalec v. 97, p. 197–206, 1991.

KRAMER, B.; THIELMANN, J.; HICKISCH, A.; MURANYI, P.; WUNDERLICH J.; HAUSER, C. Antimicrobial activity of hop extracts against food borne pathogens for meat applications. Journal of applied microbiology. v. 118, n. 3, p. 648-657, 2015.

KROTTENTHALER, M. Ch 03 **Hops.** **Handbook of Brewing. Processes, Technology, Markets,** 2009.

KUNZE, W. La cerveza terminada. In: KUNZE, W. **Tecnología para Cerveceros y Malteros.** Berlín: VLB Berlin, 2006. cap. 7, p. 826-885.

LARA, C. **Cerveja artesanal: tudo que você precisa saber a respeito.** [S. l.], 20 jan. 2018. Disponível em: hominilupulo.com.br/cervejas-caseiras/artigos/cerveja-artesanal/. Acesso em: 13 nov. 2019.

LEITE, J. P. V (editor). **Fitoterapia: bases científicas e tecnológicas.** 1.ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2009.

MALOWICKI, M. G.; SHELLHAMMER T. H.; **Isomerization and Degradation Kinetics of Hop (*Humulus lupulus*) Acids in a Model Wort-Boiling System.** J. Agric. Food Chem, v. 53, p. 4434-4439, 2005.

MEGA, J.F; NEVES, E.; ANDRADE, C.J. **A produção da cerveja no Brasil.** Revista Citino, vol. 1, nº 1, out-dez 2011.

MOIR, M. **Hops: A millennium review.** Journal of the American Society of Brewing Chemists, v. 58, n. 4, p. 131–146, 2000.

NEVE, R. A.; **Hops,** 1st ed., Springer: London, 1991.

PALMER, J. **How to brew: everything you need to know to brew great beer every time.** 4. ed. Brewers Publications, 2017. 582 p. ISBN-10: 1938469356.

PERISSÉ, A.R.S. **Revisões sistemáticas e diretrizes clínicas**. Rio de Janeiro: Reichmann e Afonso, 2001.

PINTO, M.B.C. **Isomerização de ácidos amargos de lúpulo cascade cultivado no Brasil e seu desempenho durante a fermentação da cerveja**. 2018. 82 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

RETTBERG, N.; BIENDL, M.; GARBE, L.; J. Am. Soc. Brew. Chem. 2018, 76, 1
ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. **A química da cerveja**. Quím. Nova esc. São Paulo. v. 37, n. 2, p. 98-105, 2015

SAMPAIO, R.F., MANCINI, M.C. **Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica, 2007**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v11n1/12.pdf>> >. Acesso em: 05 dezembro 2019.

SARNIGHAUSEN, P.; SARNIGHAUSEN, V. C. R.; DAL PAI, A. **O Lúpulo e a oportunidade do Agronegócio no Brasil**. 6a Jornada de Iniciação Científica da FATEC de Botucatu, 23 a 27 de outubro de 2017, Botucatu, São Paulo, Brasil.

SINDICERV. **A cerveja**. [S. l.], 6 dez. 2012. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/acerveja.php>. Acesso em: 13 nov. 2019.

STEVENS, R. **The chemistry of hop constituents**. Chemical Reviews. v. 67, n. 1, p. 19-71, 1967.

TING, P. L.; RYDER, D. S.; J. Am. Soc. Brew. Chem. 2017, 75, 161.

VERZELE, M. **Centenary review: 100 years of hop chemistry and its relevance to brewing**. Journal of the Institute of Brewing, v. 92, p. 32-48, 1986. DOI: 10.1002/j.2050-0416.1986.tb04372.x.

VERZELE, M.; KEUKELEIRE, D. **Chemistry and Analysis of Hop and Beer Bitter Acids**. Amsterdam: Elsevier, 1991. v. 27. 417 p. ISBN: 0-444-88165-4.

WANNENMACHER, J.; GASTL, M.; BECKER, T.; Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2018, 17, 953.

YAKIMA CHIEF. **Hops-Varieties**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.yakimachief.com/wp-content/uploads/Yakima-Chief-Hops-Varieties.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2019.