



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



**CERVEJA ARTESANAL: UMA REVISÃO SOBRE O SEU
PROCESSO DE PRODUÇÃO E SEU POTENCIAL
ANTIOXIDANTE**

PATOS DE MINAS, MG

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



**CERVEJA ARTESANAL: UMA REVISÃO SOBRE O SEU
PROCESSO DE PRODUÇÃO E SEU POTENCIAL
ANTIOXIDANTE**

Eva Larissa de Andrade Batista

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Patos de Minas como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Orientador: Prof^º. Dr^º. Marcos de Souza Gomes

PATOS DE MINAS, MG

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Química

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1K - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4285 - secdireq@feq.ufu.br - www.feq.ufu.br



HOMOLOGAÇÃO Nº 43

EVA LARISSA DE ANDRADE BATISTA

Cerveja artesanal: uma revisão sobre o seu processo de produção e seu potencial antioxidante

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado nesta data para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - *campus* Patos de Minas (MG) pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. Marcos de Souza Gomes
Orientador(a) - UFU

Msc. Jhonatas Emílio Ribeiro da Cruz
UFU

Prof.ª Dr.ª Líbia Diniz Santos
UFU

Patos de Minas, 17 de junho de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Libia Diniz Santos, Professor(a) do Magistério Superior**, em 17/06/2021, às 19:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcos de Souza Gomes, Presidente**, em 17/06/2021, às 19:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jhonatas Emílio Ribeiro da Cruz, Usuário Externo**, em 17/06/2021, às 19:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2836358** e o código CRC **CCD5DF03**.

Referência: Processo nº 23117.085895/2019-51

SEI nº 2836358

AGRADECIMENTO

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela vida e por estar sempre guiando meus passos e pela força que me deu para enfrentar alguns obstáculos para ter chegado aqui.

Aos meus pais Adilson e Deniusa que não mediram seus esforços para me dar tudo que estava ao seu alcance, sempre me dando apoio para não desanimar e oportunidade para finalizar essa etapa importante nas nossas vidas.

Ao meu noivo Junior que sempre esteve ao meu lado me dando conselhos e tranquilidade para enfrentar os momentos difíceis e sempre me incentivou nos estudos.

Aos meus irmãos Dionathan e Kaíque que sempre me apoiou na medida do possível e ao meu sobrinho Vitor que desde que chegou alegrou a nossa família.

A minha tia Denilda e ao meu tio Raphael que sempre tentaram me dar o melhor e por tudo que eles fizeram para eu ter chegado aqui.

As minhas amigas Bruna e Cinara e ao meu amigo Igor que sempre esteve presente me apoiando desde o início.

Aos meus colegas de sala que desde o início do curso foram unidos para ajudar uns aos outros, em especial ao Victor que sempre me ajudou e está até hoje me apoiando e a Mariana que não mediu esforços para me ajudar.

Ao Programa de Educação Tutorial (PET) que a partir desse grupo consegui me desenvolver e me conhecer melhor diante dos desafios.

A Prof^a Dr. Carla Zanella Guidini e Prof^a Dr. Letícia Rocha Guidi por ter me orientado nas pesquisas e por me capacitar fazer os trabalhos de laboratório.

Ao meu Orientador Prof Dr. Marcos Gomes de Sousa que aceitou a fazer parte desse momento especial e por ter ajudado na minha formação, agradeço imensamente pela paciência.

A Prof^a Dr. Líbia Diniz Santos por ter aceitado o convite para compor a minha banca.

Ao Dr. Jonathan Emílio Ribeiro da Cruz por ter aceitado o convite para compor a minha banca.

Agradeço por todos os profissionais que tive contato durante a graduação. Além disso agradeço imensamente a UFU pelo apoio financeiro, pois sem os recursos não teria chegado até aqui.

Sou grata por tudo e muito obrigada a todos que fizeram parte desse momento.

"Carpe diem"

Horácio

RESUMO

A cerveja tem sua origem por volta de 30 mil anos atrás, não sabendo exatamente ao certo essa data. Na época de seu reconhecimento, até os tempos atuais, a bebida passou por algumas modificações no seu processo de fabricação. A cerveja pode ser definida como uma bebida fermentada resultante da ação de leveduras no mosto cervejeiro contendo lúpulo, água e cereais, como o malte de cevada. O processo cervejeiro pode ser realizado de várias formas, mas basicamente segue as seguintes etapas: moagem do malte, mosturação, filtração, fervura, tratamento do mosto, fermentação, maturação, clarificação, pasteurização e em seguida o envase. Algumas condições do processo podem se diferenciar entre si, podendo ser através de temperatura, tempo e matérias-primas utilizadas. A partir dessas modificações tem uma maior variedade de cerveja, a cerveja artesanal por exemplo possibilita sua diversidade na produção comparada a cerveja tradicional. Além disso, elas são conhecidas por conter um aroma e sabor mais pronunciado que as demais. Além disso, a cerveja possui uma quantidade significativa de compostos fenólicos devido a sua composição. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo reunir informações disponibilizadas na literatura sobre o processo de fabricação da cerveja e apresentar dados do potencial antioxidante dessa bebida alcoólica.

Palavras chaves: cerveja artesanal, processo produtivo, antioxidantes.

ABSTRACT

Beer originated around 30 thousand years ago, the exactly date is not known. At the time of its recognition, until the present time, the drink has undergone some changes throughout its process. Beer can be defined as a fermented drink resulting from the action of yeast in the brewing must containing hops, water and cereals, such as barley malt. The brewing process can be carried out in several ways, but it basically follows the steps: grinding the malt, mashing, filtration, boiling, wort treatment, fermentation, maturation, clarification, pasteurization and then filling. Some process conditions can differ throughout the beer production, could be through temperature, time and the raw materials used. Due to these modifications, there is a greater variety of beers, the craft beers, for example, allows a diversity in production compared to traditional beer. In addition, they are known to contain a more pronounced aroma and flavor than the others. Furthermore, the beer has a significant quantity of phenolic compounds due to its composition. In that regard, the present paper aims to gather information available in the literature of the beer manufacturing process and present data on the antioxidant potential of this alcoholic beverage.

Key words: craft beer, production process, antioxidants.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. METODOLOGIA	2
3.1 OBTENÇÃO E SELEÇÃO DO MATERIAL TEÓRICO	2
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
4.1. DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DA CERVEJA	2
4.2. CERVEJA ARTESANAL	3
4.2.1. Players do Mercado	5
4.3. MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DA CERVEJA	6
4.3.1. Água	6
4.3.2. Malte	7
4.3.3. Lúpulo	8
4.3.4. Levedura	10
4.5. PROCESSO PRODUTIVO DA CERVEJA	11
4.5.1. Moagem do malte	12
4.5.2. Mosturação	13
4.5.3. Filtração do mosto (clarificação)	13
4.5.4. Fervura	13
4.5.5. Tratamento do mosto	14
4.5.6. Fermentação	14
4.5.7. Maturação	16
4.5.8. Clarificação da cerveja	16
4.5.9. Pasteurização	17
4.5.10. Envase	17
4.6. ANTIOXIDANTES	17
4.7. COMPOSTOS FENÓLICOS	18
4.8. ESTUDOS SOBRE POTENCIAL ANTIOXIDANTE	19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

Pressupõe que as bebidas fermentadas surgiram há cerca de 30 mil anos atrás. Alguns estudos relatam que a produção da cerveja teve seu início por volta de 4000 - 6000 a.C sendo essa bebida desenvolvida paralelamente aos processos de fermentação de cereais. Na Antiguidade, propagou junto com as culturas de milho, centeio e cevada, entre os povos da Suméria, Babilônia e Egito. Também foi elaborada por gregos e romanos durante o apogeu destas civilizações. Com a Revolução Industrial, a forma de produção e distribuição mudaram sensivelmente, instituiu-se, então, fábricas cada vez maiores em todo o mundo (AQUARONE et al., 2001).

Então as indústrias procuraram firmar-se num mercado cada vez mais exigente e competitivo, no qual a busca por produtos de qualidade e com preço acessível é constante. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja (SINDICERV), a cerveja é a quarta bebida mais consumida no mundo, perdendo principalmente para o chá e o café, mas entre bebidas alcoólicas é a mais consumida. Em relação à classificação no mundo, o Brasil fica como o terceiro maior produtor de cerveja, perdendo apenas para China e Estados Unidos e ocupando a 24ª posição do ranking de consumo quando comparado com os demais países como República Tcheca (147 litros/habitante/ano), Áustria (108 litros/habitante/ano) e Alemanha (108 litros/habitante/ano), que lideram o ranking (CERVBRASIL, 2016; MAPA, 2019).

Analisa-se que existam mais de 20 mil diferentes formulações de cervejas no mundo. Esta variedade ocorre devido a mudanças nas etapas de fabricação da bebida, tais como o tempo e temperatura nas etapas de mosturação, fermentação, maturação e o uso de ingredientes diferenciados como trigo, milho, centeio, arroz, mel, frutas dentre outros que podem modificar o sabor do produto (MACHADO, 2017). Estudos comprovam que a adição de outros ingredientes na fabricação de cerveja agrega compostos bioativos, aumentando o valor nutricional da bebida (RAMPAZZO, 2014).

A cerveja apresenta em sua composição antioxidantes, sendo determinados como compostos, naturais ou sintéticos, em que demonstra elevada estabilidade oxidativa e que têm propriedade de evitar a oxidação de outras substâncias como proteínas, ácidos nucleicos e lipídeos (RAMPAZZO, 2014).

Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão da literatura sobre o processo de produção de uma cerveja e também os estudos envolvendo sua atividade antioxidante.

2. OBJETIVOS

- Levantamento de dados bibliográficos sobre a história, produção mundial e brasileira de Cerveja;
- Revisão sobre matérias-primas e processo produtivo da cerveja;
- Revisão envolvendo o potencial antioxidante de uma cerveja.

3. METODOLOGIA

Para a execução do trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica na literatura científica disponível dentro do tema proposto, tanto nacional quanto internacionalmente, realizando-se a leitura e coletando informações relevantes das citações escolhidas.

3.1 OBTENÇÃO E SELEÇÃO DO MATERIAL TEÓRICO

O material encontrado para as buscas teóricas foi através das plataformas online como Periódicos CAPES, Science Direct (Elsevier e Journal of Food Engineering, etc.), Scielo, Google Acadêmico, Livros dentre outros. Além disso, englobou vários tipos de trabalhos como artigos, monografias, dissertações, teses e livros. As pesquisas nas plataformas foram realizadas utilizando os seguintes termos: cerveja, cerveja artesanal, processo de produção de cerveja, compostos fenólicos da cerveja, antioxidantes em bebidas, estudos sobre capacidade antioxidante da cerveja. Dos 120 títulos identificados pela estratégia de busca cinquenta eram os mais adequados, após avaliação de inclusão e exclusão.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DA CERVEJA

Segundo a INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 65, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2019 cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte, podendo ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro. A cerveja poderá ser

adicionada de ingrediente de origem vegetal, de ingrediente de origem animal, de coadjuvante de tecnologia e de aditivo a serem regulamentados em atos específicos (BRASIL, 2019).

Não se conhece ao certo a origem da cerveja, mas há pesquisas que indicam que o preparo da cerveja era realizado aproximadamente a 6000 anos a.C. no Egito, indicando que a cerveja é originária de regiões da Mesopotâmia (LIMA; MOTA, 2003). Algumas referências descrevem que os sumérios produziam uma massa firme com grãos moídos que, após o cozimento, era consumida como pão. A massa, ao ser umedecida e sob a ação do tempo, fermentava, e produzia um “pão líquido”, tipo de bebida alcoólica. Então surgiu a cerveja primitiva, cujo processo foi melhorando ao longo do tempo, até que os sumérios chegaram a um gênero de cerveja que consideravam “bebida divina” e essa, geralmente, oferecida aos seus deuses. Mesmo com o passar de todo esse tempo, essa bebida tem uma semelhança com a atual cerveja (TSCHOPE, 2001).

Outro relato sobre o surgimento da cerveja é que naquela época a busca de alimento era muito grande e eles precisavam armazenar os grãos coletados para maior garantia de sobrevivência, pois dependiam da oferta de nutrientes provindos dos grãos. Com isso, ao longo do armazenamento desses grãos, que provavelmente seriam acondicionados em um recipiente, bastava a adição de água para que os grãos brotassem, absorvendo a água e produzindo açúcar residual no processo inicial da cerveja. Lembrando que essa adição da água pode ter sido intencional ou não, pois se ela fosse com um propósito poderia estar relacionado com algum teste que eles faziam e caso não fosse pode ter ocorrido ao acaso uma coleta de água da chuva ou algo próximo a isso. Já na adição da segunda água, intencional ou não, essa promove a conversão do açúcar em gás carbônico e álcool pela levedura. Mas como eles não tinham esse conhecimento, as leveduras que participavam do processo produtivo da cerveja eram selvagens, provindas do ambiente (MAZUROSKI JUNIOR, 2015).

No Brasil, pressupõe-se que a cerveja chegou em meados do século XVII, com a colonização holandesa, pela Companhia das Índias Ocidentais. Também não conhece ao certo quando se deu o início a produção da cerveja em solo brasileiro, mas um anúncio no Jornal do Comércio do Rio de Janeiro de 27 de outubro de 1836 oferecia a bebida por uma fabricante local, a Cervejaria Brasileira (REVISTA PESQUISA FAPESP, 2017).

4.2. CERVEJA ARTESANAL

As cervejas artesanais não é definida pela legislação brasileira, mas são produzidas com distinção quando comparadas com as cervejas comerciais mais populares. Sabe-se que a sua elaboração produz uma maior diversidade de tipos de cerveja que se caracterizam por ser um produto de aroma e sabor mais pronunciados que as demais (KLEBAN; NICKERSON, 2012).

A cerveja artesanal vem crescendo na indústria de bebidas e sua popularidade também afeta as preferências comerciais de cerveja e as tendências de consumo. É perceptível a importância do estudo da indústria de bebidas no ramo de cervejas artesanais, pois é um segmento em forte expansão a nível mundial. O produto artesanal mostra diversos atributos, destacando ainda mais o seu diferencial como o sabor e aroma, se comparado com as cervejas populares. Geralmente os degustadores e provadores do produto artesanal buscam apreciar algo com novos aromas e sabores (TOZETTO, 2017).

Além disso tem notado um grande aumento de elaboração de cervejas com adição de adjuntos diferenciados como frutas, mel, chá, entre outros. Como exemplo é possível citar o trabalho de Trindade (2016) que incorporou amora na produção de cerveja artesanal em 4 tipos de cerveja, variando a sua concentração da fruta em 0, 10, 20 e 30%. A autora analisou os compostos fenólicos e atividade antioxidante e como resultado observou um aumento progressivo em compostos fenólicos de acordo com a variação da concentração de amora e elevada atividade antioxidante.

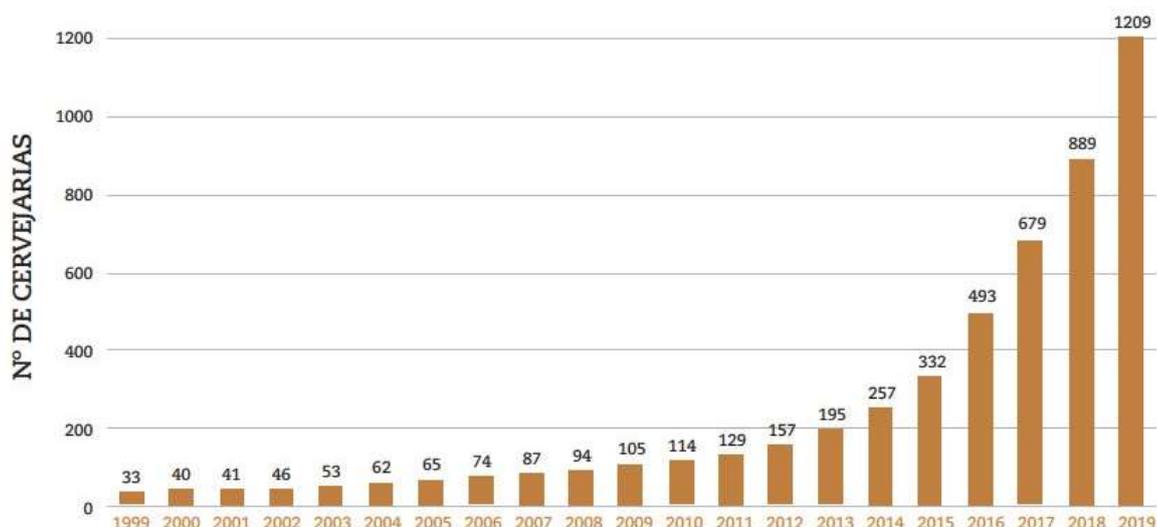
Duarte (2015) em seu trabalho avaliou o uso do café na elaboração da cerveja com o intuito de acentuar o aroma da bebida, então primeiramente avaliou se poderia ser utilizado como adjunto na produção de cerveja e foi observado em seus resultados que devido à baixa concentração de extratos fermentescíveis percebeu que não seria possível usar como adjunto e sim como aromatizante. Então foi realizada uma análise sensorial utilizando a escala ideal para avaliar a intensidade do café, sendo analisada em variadas concentrações de café em 0, 15, 25, 35 e 45%, destacando que foi incorporado o aromatizante na etapa de fervura. Como resultado teve uma cerveja de alto teor alcoólico e observando a análise sensorial a cerveja aromatizada com 45% de café foi a melhor avaliada em todos os quesitos referente ao trabalho. Além disso, os resultados comparando a cerveja produzida com uma comercial teve como resposta ótimas notas e intenção de compra.

Se consumida de forma moderada a cerveja pode ser considerada benéfica à saúde, devido ao conteúdo de polifenóis, pois uma quantidade considerável de compostos fenólicos é encontrada tanto no malte quanto no lúpulo e principalmente em adjuntos que contém maior relação com propriedades de antioxidantes (LUGASI, 2003).

A perspectiva é que no ano de 2023, a produção artesanal passe de 1,6% para 2% do mercado nacional de cerveja (MAPA, 2019). Um estudo mostra também que o mercado se encontra em ascendência influenciado principalmente pela análise de custo-benefício feita pelo consumidor, pois alguns estão preferindo buscar mais qualidade do que preço, e a cerveja artesanal de fato tem um valor mais alto, mas em compensação tem mais variedade e um diferencial em seus sabores e aromas (CALEGARI, 2013).

Com a expansão da cerveja artesanal, o Brasil fechou o ano de 2019 com 1209 cervejarias registradas em 26 unidades de federação. A Figura 1 mostra o crescimento de cervejarias Brasileiras em 20 anos (MAPA,2019).

Figura 1. Número de registros de estabelecimentos por ano



Fonte: Mapa, 2019.

Analisando por outro lado, as cervejas artesanais podem intimidar os consumidores inicialmente, pois ao realizar uma compra vai enfrentar uma variedade de rótulos e estilos dessa bebida no mercado, o que pode deixar o cliente confuso e então optar por não comprar, devido não conseguir decidir qual o produto tem a características que o mais agrada (MAZUROSKI JUNIOR, 2015).

4.2.1. Players do Mercado

As grandes companhias do mercado de cerveja tradicional são:

- 1º: Cia Brasileira de Bebidas - A Cia Brasileira de Bebidas faz parte do grande grupo global, a Anheuser-Busch InBev NV. Também conhecida no Brasil como Ambev, é uma empresa de capital público a nível nacional que detém marcas como Antarctica, Adriática, Beck's, Bohemia, Brahma, Budweiser, Bucanero, Caracu, Colorado, Corona, Franziskaner, Goose Island, Hertog Jan, Hoegaarden, Leffe, Löwenbräu, Negra Modelo, Norteña, Antarctica Original, Patagonia, Polar, Quilmes, Serramalte, Skol, Stella Artois e Wäls.A;
- 2º: Heineken do Brasil - A Heineken no Brasil é distribuída pela The Coca-Cola Company, surgiu em 1869, atualmente é comercializada em 170 países, e possui 11 marcas, tais como; Heineken, Desperados, Sol Premium, Kaiser, Bavaria Gold, Xingu, Amstel, Birra Moretti, Edelweiss, Murphy's Irish Stout e Dos XX. Em 2017, ocorreu a aquisição da Brasil Kirin pela Heineken, com isso a empresa cervejeira passou para posição de segunda maior produtora;
- 3º: Cervejaria Petrópolis S.A. – Esse grupo é o único com 100% de capital nacional, está presente em mais de 20 estados através de 6 fábricas e também de centros de distribuição direta. O grupo possui 6 marcas no setor da cervejaria: Itaipava, Crystal, Lokal, Black Princess, Petra e Weltenburger Kloster.

Mas é possível notar que as cervejas artesanais estão se inserindo cada vez mais no mercado sendo notado a sua concorrência com as cervejas tradicionais, visto que os players do mercado já estão fazendo grandes aquisições de cervejarias artesanais, como é o exemplo da Cia Brasileira de Bebidas com a aquisição da Walls e Colorado, duas marcas familiares brasileiras, e também do Grupo Brasil Kirin com a Baden Baden e Eisenbahn (MOURÃO, 2017).

4.3. MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DA CERVEJA

4.3.1. Água

A água é o principal componente na produção de cerveja, representa entre 90 a 95% do volume final, além disso influencia diretamente no produto, devido às suas características. Os íons da água têm uma função fundamental na formação do mosto, pois ajudam para a nutrição das leveduras, influenciam no pH, na sedimentação de proteínas e além do mais podem ter um

efeito no aroma da cerveja, mas em elevadas concentrações podem causar inibição das leveduras ou contribuir para aromas indesejáveis na cerveja (MACHADO, 2017).

Para produção de cerveja a água deve ser livre de impurezas, filtrada, sem cloro, sem sabor e cheiro, inócua e livre de contaminações. Além disso, o controle do pH da água é essencial, pois pH alcalino poderá acarretar a dissolução de materiais existentes no malte e nas cascas dos cereais, o que não é desejável no processamento da bebida. Sendo o ideal um pH ácido em torno de 5,3 a 5,5 no mosto, facilitando a atividade enzimática do grão do cereal, com isso aumentando no rendimento de maltose e um maior teor alcoólico (TOZETTO, 2017).

4.3.2. Malte

O termo malte é referência a matéria prima que em condições controladas é obtida decorrente da germinação de qualquer cereal, sendo o mais comum, o malte da cevada (MACHADO, 2017). As seguintes etapas definem o processo de malteação: maceração, germinação e secagem dos grãos. Na etapa de maceração coloca-se os grãos imersos em água sob temperatura controlada até atingirem 45% de umidade. Na germinação geralmente faz o aquecimento do grão com ar quente, que além de amolecer os grãos para facilitar a moagem também está relacionado no desenvolvimento das enzimas responsáveis pela quebra do amido durante a mosturação. Já na etapa de secagem acontece a redução de umidade e a germinação é cessada pela elevação da temperatura, tendo maior controle para não inativar as enzimas (TRINDADE, 2016).

As enzimas de maior relevância presentes no malte são as α -amilase, β -amilase e protease. A α -amilase e a β -amilase agem em mostos ácidos, condição que tem relação direta com o rendimento, ou seja, extração de açúcares fermentescíveis. Na etapa de mosturação são formados os açúcares fermentescíveis, que serão usados pelas leveduras para a produção do etanol da cerveja (TRINDADE, 2016). Além disso, o malte fornece cascas, utilizadas para auxiliar no processo de filtração na clarificação do mosto cervejeiro (VENTURINI FILHO, 2010).

O malte influencia no sabor, odor e na cor das bebidas, devido possuir diferentes formas em relação ao tamanho e a coloração (CURI, 2006).

Para ter uma maior variedade de cerveja é possível utilizar diversos tipos de malte, sendo os mais comuns são: Pilsen, Munich, Caramelo e Preto/Torrado, tendo como características de claro, leve torrefação, médio grau de torrefação e intenso nessa sequência

(PORTO, 2011). O mais comum e fácil de encontrar é o malte Pilsen, a partir dele pode-se produzir vários tipos de cervejas. Já o malte Munich utiliza quando se deseja obter um aroma mais maltado. E o caramelo apresenta uma gama de cores, mas comum para a obtenção de cervejas com aroma de caramelo e por fim o malte preto ou torrado que é utilizado para produção de cervejas escuras. Destacando que para obter essas características citadas é importante atentar a temperaturas e tempos utilizados na torrefação ou germinação desses maltes (PORTO, 2011). Na Figura 2 tem uma representação de diferentes tipos de maltes utilizados na produção de cervejas e suas características relativa de cada malte.

Figura 2. Diferentes tipos de malte e sua influência na coloração da cerveja.



Fonte: Silva, 2020.

4.3.3. Lúpulo

Humulus Lupulus Linnaeus é o nome científico da espécie pertencente à ordem das Rosales e à família Cannabaceae. O gênero *Humulus* é composto por três espécies, *H. lupulus*, *H. japonicus* e *H. yunnanensis*. Mas, apenas o *H. lupulus* e o *H. japonicus* são cultivados em larga escala com finalidade comercial (DURELLO; SILVA; BOGUSZ, 2019). O *H. lupulus*, mais conhecido como lúpulo, é uma planta que tem característica reprodutiva dióica, ou seja, origina flores masculinas e femininas (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015).

Para comercialização são utilizadas apenas as flores femininas não fertilizadas, já as masculinas são usadas somente para hibridação e desenvolvimento de novas variedades. Isso

acontece devido às flores femininas conter uma substância chamada lupulina, que é um pó amarelo que contém compostos químicos responsáveis por sua principal aplicação na produção cervejeira, sendo parte fundamental para a caracterização da bebida, esses compostos são as resinas (confere amargor), os polifenóis (com propriedades antioxidantes) e os óleos essenciais (confere aroma). A composição química das flores do lúpulo é complexa, e para entender melhor é necessário agrupar os metabólicos secundários como citados anteriormente as resinas, polifenóis e óleos essenciais. Além dessa utilização na área de bioprocessos, o lúpulo possui uma ampla atuação de aplicações, tanto na saúde como também na área ambiental (NOVAES et al., 2019). Na Figura 3 tem apresentação de dois tipos de comercialização do lúpulo, que é em flor e pellet.

Figura 3. Lúpulo em flor e pellets.



Fonte: Cerveja da casa, 2018.

Lúpulo são cones de uma planta trepadeira perene de origem de climas temperados e pode ser utilizado na forma natural ou industrializada. O extrato de lúpulo é resultante da extração, por solvente adequado, dos princípios aromáticos e amargos do lúpulo, isomerizados ou não, reduzidos ou não, devendo o produto estar isento de solvente (TOZETTO, 2017).

As flores do lúpulo após a colheita são submetidas ao processo de secagem até obter uma umidade de 12%. O processo de secagem reduz a carga microbiana e evita que o lúpulo seja fonte de contaminação no processo da cerveja. Em seguida, as flores secas são armazenadas de forma adequada (TRINDADE, 2016).

Na produção de cerveja o lúpulo foi utilizado pela primeira vez por causa do seu valor conservante, mas a persistência do uso é devido a alteração sensorial da bebida, referente ao aroma e amargor. Os atributos aromáticos são provenientes dos óleos essenciais e o do amargor é provindo das resinas amargas. Esses constituintes estão contidos nas glândulas de lupulina e essas são encontradas nas flores femininas e nos frutos. É válido destacar que não existe apenas um único composto químico que confere o amargor da cerveja, além de que o mesmo é decorrente de mistura de vários ácidos e resinas, que se modificam a partir dos efeitos do oxigênio, do calor e da umidade (ARAÚJO, 2016).

O lúpulo contém componentes ácidos e são classificados como: α -ácidos e β -ácidos. Os dois grupos abrangem três constituintes: humulona e lupulona, cohumulona e colupulona, adhumulona e adlupulona, eles se diferem quanto à natureza da cadeia lateral, que é derivada respectivamente a partir dos aminoácidos hidrofóbicos: leucina, valina e isoleucina. O conteúdo dos ácidos é representado acima de 25% do peso seco dos cones do lúpulo. Para ter esse valor depende de vários fatores como da variedade da matéria-prima e das condições de cultivo. Os ácidos citados têm baixa solubilidade em água, não tem aspecto muito amargo e são ácidos fracos (ARAÚJO, 2016).

Para caracterização do amargor os α -ácidos sofrem isomerização durante a fervura do mosto assim originando formas cis e trans das humulonas. Já os β -ácidos não tem uma contribuição tão significativa para a caracterização do amargor, pois eles não isomerizam (HUGHES, 2009).

Para a expressão do teor de amargor contribuído pelo lúpulo é utilizado termos da Unidade Internacional de Amargor (IBU). Um IBU equivale aproximadamente 1 mg de iso- α ácidos por litro de cerveja (ARAÚJO, 2016).

4.3.4. Levedura

A *Saccharomyces cerevisiae* spp é um microrganismo unicelular, pertencente à família Saccharomycetaceae, ela se destaca por suas características morfológicas e fisiológicas. Na produção de cerveja tem como função converter o açúcar do mosto em CO₂ e álcool na etapa de fermentação (TRINDADE, 2016).

A reprodução de leveduras é por meio de gemulação (produz broto) e ao final do processo de fermentação elas não se soltam, flotam até a superfície, sendo chamadas de

leveduras de alta fermentação. Já as chamadas de leveduras de baixa fermentação, elas decantam no final do processo de fermentação (TOZETTO, 2017).

Além disso, é importante destacar que as características do produto final são equivalentes pelo tipo de levedura utilizada (OLIVEIRA, 2011).

Sendo que o gênero *Saccharomyces* tem muitas linhagens capazes de produzir dois metabólitos primários como o etanol e dióxido de carbono. Assim, classifica os tipos de cervejas mais comuns em lager e ale que são fermentados com linhagens de *S.uvarum* (*S. carlsbergensis*) e *S. cerevisiae*, respectivamente (OLIVEIRA, 2011).

Outro fator necessário salientar é sobre as diferenças bioquímicas dos tipos de *Saccharomyces* citadas anteriormente, pois as cepas de *S. uvarum* (tipo lager) contém os genes MEL que produzem a enzima extracelular α -galactosidase (melibiase), isso permite a utilização do dissacarídeo melibiose (glicose-galactose) e não demonstram crescimento a temperaturas superiores a 34°C. Já as cepas de *S. cerevisiae* (tipo ale) são incapazes de fazer o mesmo, pois carecem desses genes MEL, mas apresentam crescimento a temperaturas equivalentes a 37°C (TUBB; LILJESTROM, 1986).

Vale ressaltar que além das leveduras Ale e Lager, é possível a utilização de leveduras presentes na atmosfera consideradas selvagens (COELHO NETO et al., 2020). Na Figura 4 mostra uma maneira de comercializar a levedura sendo ela liofilizada.

Figura 4. Levedura Liofilizada para utilizar na fermentação de produção de cerveja.



Fonte: Cerveja marimbondo, 2021.

4.5. PROCESSO PRODUTIVO DA CERVEJA

Existem várias formas para a produção de cerveja, pois varia com o tipo de cerveja a ser produzida, o que altera em algumas condições como: temperatura, tempo, matérias-primas entre outras. Mas basicamente o processo envolve: moagem do malte, mosturação, filtração,

fervura, tratamento do mosto, fermentação, maturação, clarificação, pasteurização e em seguida o envase.

Segue na Figura 5 o fluxograma do processo em geral que em seguida será detalhado.

Figura 5. Fluxograma do processo de produção da cerveja.



Fonte: Autoria própria.

4.5.1. Moagem do malte

A etapa de moagem tem o objetivo de quebrar o grão do cereal e expor o seu amido interno, assim aumentando a superfície de contato com as enzimas do malte, o que favorece a hidrólise (ARAÚJO, 2016).

O malte deve seguir as seguintes características para ser classificado bem moído, sendo ausência de grãos inteiros e partículas de endosperma aderidas à casca, maioria das cascas rasgadas longitudinalmente, endosperma reduzido a partículas pequenas e de tamanho uniforme e quantidade mínima de farinha fina (ARAÚJO, 2016). Para um maior aproveitamento das

matérias-primas, as cascas do malte moído são utilizadas como camada filtrante para posterior filtração do mosto (CURI, 2006).

A moagem tem duas classificações sendo a moagem seca e úmida. A úmida se distingue da moagem seca devido à umidificação do malte, que torna a casca do mesmo mais flexível, assim tendo cascas mais íntegras e com poucos endospermas aderidos às mesmas (ARAÚJO, 2016).

4.5.2. Mosturação

Conhecida também como brassagem. Nessa etapa envolve a mistura do malte moído com a água na tina de mostura, destacando maior controle de temperatura e tempo, pois tem o objetivo de contribuir com as reações bioquímicas que são necessárias no processo (TOZETTO, 2017).

A mosturação pode ser realizada pelo processo de decocção, infusão ou pela combinação dos dois métodos. O processo de infusão é bem simples, a mistura é aquecida a uma certa temperatura e mantida por um tempo, em seguida a mesma é elevada e assim até chegar na temperatura final desejada a ser alcançada. No aquecimento por decocção, uma parte da mistura é separada e submetida à fervura e depois a mesma é colocada novamente em contato com o mosto principal, assim ocorre o aumento da solução combinada. Tendo como vantagem deste processo um aumento na extração do amido (ARAÚJO, 2016).

4.5.3. Filtração do mosto (clarificação)

O objetivo da etapa filtração do mosto é a separação da parte sólida, chamada de bagaço de malte, e a parte líquida do mosto cervejeiro (TOZETTO, 2017).

A filtração geralmente é realizada em duas etapas. Inicialmente, a fração líquida passa o leito filtrante, dando origem ao mosto primário. Já na segunda etapa, o resíduo sólido é lavado com água a 75°C, tendo como recuperação o extrato que fica retido na torta de filtro e assim aumentando o rendimento do processo (CURI, 2006).

4.5.4. Fervura

Na realização da fervura do mosto ocorre a desnaturação protéica, a concentração do mosto, a eliminação de compostos sulfurosos, a esterilização e o escurecimento do mosto, através da reação de Maillard. Além disso, também ocorre a adição do lúpulo, que geralmente é feita em duas etapas: sendo no início da fervura, para conferir o amargor e ao final da fervura, com a função de conferir o aroma característico da cerveja. Esse processo normalmente leva de 60 a 90 minutos de fervura e em torno de mais trinta minutos para o aquecimento do líquido (TOZETTO, 2017).

4.5.5. Tratamento do mosto

Ao final da fervura, o mosto resfriado é bombeado para outro tanque. Essa operação unitária tem como objetivo promover a decantação de todo o excesso de proteína desnaturada na fervura por meio de um tempo de repouso durante trinta minutos (MORADO, 2009).

Além do mais, para o crescimento da levedura é essencial a aeração do mosto no início do processo fermentativo, pois o oxigênio é requerido pelas leveduras no processo de respiração celular e para a síntese de ácidos graxos insaturados e esteróis, componentes das membranas intracelulares (VENTURINI FILHO, 2010).

4.5.6. Fermentação

A etapa de fermentação é iniciada logo após a inoculação da levedura, destacando que o mosto já está devidamente resfriado e aerado. Então, na sequência ocorre a liberação de CO₂, calor e a metabolização dos açúcares fermentescíveis em álcool principalmente. O etanol e o dióxido de carbono são os principais produtos resultantes da fermentação. Mas outras reações ocorrem, e conseqüentemente tem-se a obtenção de alguns subprodutos como álcoois superiores alifáticos e aromáticos; ésteres; ácidos orgânicos; compostos carbonílicos e sulfurados e os álcoois polihídricos. E todos esses compostos afetam a qualidade da cerveja (ARAÚJO, 2016).

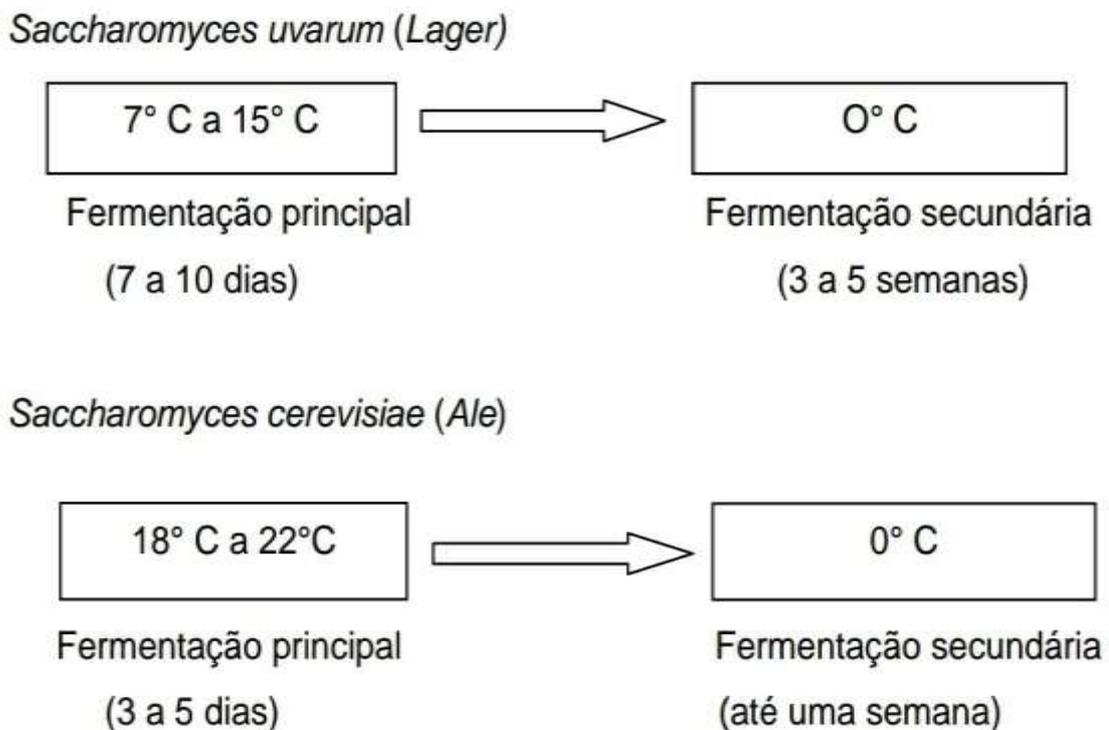
No decorrer da fermentação o pH diminui pelo menos em uma unidade devido aos ácidos orgânicos produzidos. O pH da cerveja varia em torno de 4,3 a 4,6 (ARAÚJO, 2016).

A fermentação da cerveja pode ser realizada por processos contínuos ou descontínuos (batelada), sendo este último o mais comum de ser utilizado (VENTURINI FILHO, 2010).

As diferentes leveduras e a forma como é conduzida na etapa de fermentação pode obter dois tipos de cervejas: as de alta fermentação, que resultam em cervejas tipo Ale, e as de baixa fermentação que resultam cervejas do tipo Lager (AQUARONE et al., 2001). As cervejas de alta fermentação são aquelas produzidas com as seguintes condições de ambiente, como a temperatura de aproximadamente 18°C a 22°C e em tempo menor. Sendo comum utilizar a *Saccharomyces cerevisiae*. Na etapa de fermentação a levedura é deslocada pelo CO₂ gerado até a superfície do fermentador agregando aroma frutado devido a maior formação de ésteres, produto do metabolismo da levedura. Já as cervejas de baixa fermentação são fabricadas em baixas temperaturas de 7°C a 15°C e por um período de tempo maior. Neste caso utiliza-se a levedura *Saccharomyces uvarum* ou *carlsbergensis* que sedimentam no fundo do tanque (TRINDADE, 2016).

A seguir na Figura 6 apresenta um esquema genérico referente ao processo em função da levedura utilizada.

Figura 6. Esquema relacionado com o tempo de fermentação com o tipo de levedura utilizada.



Fonte: Oliveira, 2011.

Caso seja empregado as leveduras presentes no próprio mosto, essa etapa ocorre então uma fermentação espontânea, lembrando que isso foi o que pode ter acontecido na descoberta da cerveja. Assim são denominadas as cervejas do estilo Lambic que são produzidas com leveduras selvagens e para isso na sua produção, a bebida precisa ficar em constante contato com o ar atmosférico (COELHO NETO et al., 2020).

4.5.7. Maturação

Logo após a retirada do fermento, ocorre a diminuição da temperatura no tanque assim iniciando a fase de maturação, de no mínimo 72 horas. O processo de fermentação da cerveja pode ser classificado em duas fases distintas. A primeira é nomeada fermentação primária e a outra é denominada fermentação secundária que tem o objetivo de clarificar a cerveja por meio da precipitação de leveduras e a formação de complexos de proteínas e polifenóis, maturar a bebida conferindo um melhor acabamento sensorial para o produto final (BRIGGS, 2004). Referente ao período de maturação da cerveja, em que depois da fermentação primária o extrato fermentável residual da cerveja segue a ser lentamente metabolizado. O processo de maturação permanece mesmo depois do término da fermentação secundária (VENTURINI FILHO, 2010).

Nessa etapa ocorrem reações físico-químicas de transformação do aspecto visual da bebida além da geração de aromas e sabores característicos. Muitos cervejeiros consideram esse estágio como a fase de “afinamento” e de “acabamento” da cerveja (MORADO, 2009).

No decorrer da etapa da fermentação secundária ocorre a carbonatação da bebida, uma parte é resultante do gás carbônico produzido pela levedura e através de uma contrapressão de CO₂ de 0,8 a 1,0 atm no tanque de fermentação. Além disso, para complementar pode-se utilizar métodos mecânicos, como CO₂ recuperado a partir daquele produzido na fermentação da cerveja ou o gás obtido de empresas especializadas (VENTURINI FILHO, 2010).

4.5.8. Clarificação da cerveja

A clarificação visa eliminar partículas em suspensão, principalmente células de fermento, bactérias e substâncias coloidais, deixando a bebida uma cor mais clara, com maior estabilidade físico-química e brilhante. Essa etapa não modifica a composição e o sabor da cerveja, mas é essencial para garantir sua apresentação visual (CURI, 2006).

4.5.9. Pasteurização

Tem como princípio eliminar microrganismos que podem alterar as características da cerveja e também visa a segurança durante o envase. Essa etapa pode ser realizada antes ou depois do envase, isso vai depender de como funciona a linha de produção ou dos maquinários disponíveis. Além de ser uma etapa utilizada para diferenciar a cerveja do chopp, pois esta é uma das últimas etapas da cerveja e o chope não necessita. Então devido a isso o tempo de validade do Chopp é em torno de 15 dias, com a pasteurização o tempo de duração da cerveja é em torno de 6 meses (CARVALHO, 2007).

4.5.10. Envase

Logo após as etapas citadas anteriormente a cerveja pode ser envasada no local de preferência como barris de aço inoxidável, garrafas e latas. Isso vai depender da maneira que será comercializada.

4.6. ANTIOXIDANTES

O processo respiratório e diversas reações oxidativas, que ocorrem nas células aeróbicas, levam à formação de radicais, que causam danos ao organismo e contribuem para o aparecimento de muitas doenças, tais como: inflamações, tumores malignos, mal de Alzheimer e doenças cardiovasculares, bem como aceleram o processo de envelhecimento. Por isso, as células humanas dependem de certa capacidade antioxidante para fornecer proteção contra os efeitos prejudiciais de radicais e espécies reativas do oxigênio, que são consequências inevitáveis da vida aeróbica (RAMPAZZO, 2014).

Antioxidante é uma substância quando presente em baixa concentração, comparada à do substrato oxidável, diminui ou inibe consideravelmente a oxidação daquele substrato (FREITAS, 2006).

Antioxidantes também podem ser definidos como compostos, sintéticos ou naturais, que apresentam alta estabilidade oxidativa e demonstra propriedades de prevenir reações de degradação oxidativa, ou seja, reduzem a velocidade de oxidação de um dado substrato oxidável (OLIVEIRA NETO, 2017).

A classificação dos antioxidantes pode ser em primários e secundários. Os primários são responsáveis pela inativação dos radicais livres, doando átomos de hidrogênio ou elétrons,

transformando assim estes radicais em substâncias estáveis. Nesta classificação de antioxidantes são encontrados os compostos fenólicos, aminoácidos e carotenoides (OLIVEIRA NETO, 2017). Já em relação aos antioxidantes secundários atuam através de mecanismos de complexação de íons metálicos e agem também bloqueando a decomposição de peróxidos e hidroperóxidos, impedindo assim a reação em cadeia. Entre eles estão os antioxidantes sintéticos, como hidroxianisol de butila (BHA) e o hidroxitolueno de butila (BHT), o ácido ascórbico e os tocoferóis (ATOUI et al., 2005).

A atividade antioxidante da cerveja é semelhante ao do vinho, ainda que seus antioxidantes presentes no lúpulo e na cevada são diferentes dos compostos contidos na uva. Sendo o lúpulo um dos responsáveis pelas propriedades antioxidantes conhecidas, isso devido a presença de compostos como o xantohumul e isoxantohumul (FEISTAUER, 2016).

Estudos relatam que as cervejas contêm ácido fólico, vitaminas do complexo B (B1, B2, B12) e polifenóis que são os elementos antioxidantes naturais presentes em sua maior quantidade nas matérias-primas utilizadas na elaboração das cervejas (FREITAS, 2006). Contudo a quantidade total de antioxidantes varia de acordo com o tipo de cerveja, das matérias-primas e do tipo de fabricação a ser realizado (FEISTAUER, 2016).

4.7. COMPOSTOS FENÓLICOS

Compostos fenólicos constituem uma mistura complexa de compostos originados do metabolismo secundário das plantas, que diferem em estrutura química e reatividade. Quimicamente são constituídos por anéis aromáticos com um ou mais grupos hidroxilas substituintes no anel, incluindo seus derivados funcionais. O tipo e variedade de polifenóis variam com o estágio de desenvolvimento da planta, grau de maturação, condições ambientais, solo, manejo, processamento e armazenamento da matéria-prima (BERTOLDI, 2006).

Os compostos fenólicos são substâncias bioativas que possuem atividades antioxidantes, antiinflamatórias, antimutagênicas e anticancerígenas documentadas experimentalmente (MACEDO, 2018).

Os compostos fenólicos presentes nos alimentos contribuem para a manutenção de suas características sensoriais, como a aparência, cor e sabor, além de proteger seu conteúdo nutricional. Em baixas concentrações, os compostos fenólicos podem proteger o alimento da deterioração oxidativa. Porém, em altas concentrações, contribuem para a perda de cor do

alimento, adstringência e sabor amargo, além de interagir com proteínas, carboidratos e minerais, provocando redução do valor nutricional (GONÇALVES, 2011).

O conhecimento sobre compostos fenólicos pode revelar seu potencial benefício à saúde e também contribuir para seu uso como fonte de conservante naturais e antioxidantes, uma vez que se verificou que estes compostos podem inibir enzimas lipoxigenase e cicloxigenase, responsáveis pelo desenvolvimento de rancidez oxidativa (EMBUSCADO, 2015).

Os processos de oxidação que ocorrem nos alimentos é fator influenciável na vida de prateleira de muitos produtos da indústria alimentícia. Diante desse aspecto, os compostos fenólicos presentes na cerveja apresentam grande influência no seu processo de conservação, sendo de suma importância econômica para as indústrias, já que a oxidação desses podem alterar as características sensoriais da mesma, como o sabor, cor e o aroma. Um exemplo é a oxidação dos taninos que pode levar ao escurecimento da bebida (MACIEL; ELÓI; JORDÃO, 2013).

4.8 ESTUDOS SOBRE POTENCIAL ANTIOXIDANTE

Vieira e colaboradores (2021) compararam a atividade antioxidante de diferentes cervejas comerciais e uma artesanal. Essa atividade foi avaliada em três amostras de cerveja de trigo através dos ensaios de TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) e FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power). A atividade antioxidante para TEAC e FRAP foi determinada utilizando uma curva de calibração preparada com Trolox e sulfato ferroso, respectivamente. Todas as análises foram realizadas em triplicata, e todos os resultados foram apresentados como média \pm desvio padrão. Foram realizadas análises de variância (ANOVA) e o teste de Tukey para identificar diferenças significativas entre as médias, usando o programa Statistica 7.0. Diferenças entre as médias no nível de 5% ($P < 0,05$) foram consideradas significativas. Foi observado que a cerveja artesanal, apresentou maiores valores de antioxidantes variando de $1850,83 \pm 94,34$ a $2489,58 \pm 56,54$ $\mu\text{mol Trolox/L}$, com diferença estatisticamente significativa do que as marcas comerciais. Além disso, os resultados obtidos apresentaram que a cerveja de trigo possui alta concentração de compostos antioxidantes, mesmo quando comparada à diversos alimentos e bebidas avaliados na literatura que também são considerados com alta concentração desse composto (VIEIRA et al.,2021).

Cheiran e colaboradores (2019) realizaram um estudo para verificar a presença de compostos na bebida que são benéficos a saúde, utilizaram diferentes tipos de cervejas em lotes diferentes e fabricações diferentes. As cervejas utilizadas foram de alta fermentação, India pale ale (IPA) e de trigo (Weiss), e cervejas de baixa fermentação, cerveja Lager, tendo no total de 81 amostras. O método escolhido foi o procedimento de extração em fase sólida para aumentar a sensibilidade, seguido de um procedimento de identificação por cromatografia líquida de alta performance com detector de arranjo de diodos acoplado a um espectrômetro de massa por uma fonte de ionização por electrospray (HPLC-DAD-ESI-MS / MS). Foi possível descrever 15 compostos nitrogenados e 57 compostos fenólicos, sendo 12 dos compostos fenólicos encontrados pela primeira vez na cerveja artesanal. Mesmo tendo alto valor de compostos fenólicos encontrados na cerveja, apenas os ácidos cafeoil e cumarolíquínico, ácido cumárico, kaempferol-3-orutinosídeo e dímeros III e V de proantocianidina B têm capacidade de diferenciar cervejas artesanais de acordo com o estilo IPA, Lager e Weiss.

Sorbo e Broetto (2019) apresentaram a caracterização dos antioxidantes em cervejas tipo Pilsen com suplementação de polpa de maracujá. No experimento foi utilizado a amostra controle representada pela cerveja Pilsen (tratamento 1 - T1), produzida artesanalmente. Nos demais tratamentos, as cervejas foram suplementadas com polpa de maracujá em três concentrações, durante o processo de refermentação (priming), sendo o tratamento 2 (T2), a cerveja foi suplementada com polpa integral de maracujá (120 mL) representando 100%; para os tratamentos T3 e T4, a suplementação com polpa foi da ordem de 50 e 25 % da polpa diluída, respectivamente. A capacidade antioxidante foi avaliada pelo método do DPPH, o qual baseou-se na capacidade de compostos fenólicos em sequestrar o radical DPPH. Os resultados referentes a capacidade antioxidante foram de 23,1879 à 19,2250 TEAC 100g⁻¹; e dos compostos fenólicos foram de 1,1379 à 0,8813 EAG 100ml⁻¹, isso seguindo a sequência de T2 a T4, ou seja, quanto maior a suplementação com a polpa de maracujá, maior foi o potencial antioxidante.

Machado (2017) desenvolveu uma cerveja artesanal com adição de cacau, variando em 5 tipos de tratamentos: adição de cacau na brasagem (adição de 2%), na lupulagem (adição de 2% como substituição 100% do lúpulo de amargor), na fermentação (adição de 2%), na maturação (adição de 2%) e cerveja controle e também tendo o controle do teor alcoólico em variadas concentrações (0%, 4% e 70% de álcool). Logo foram avaliadas a sua composição de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Foi observado que aqueles extratos com maior teor alcoólico foram os que tiveram maior número de compostos fenólicos, mas não diferiram significativamente dos outros tratamentos quanto a capacidade antioxidante. Já as cervejas

produzidas com adição de 2% de cacau apresentaram altas concentrações de compostos fenólicos. Porém o tratamento que substituiu o lúpulo de amargor (adição de 2% como substituição 100% do lúpulo de amargor) apresentou os maiores teores de compostos fenólicos, sendo o preferido e aceito em todos os atributos da análise sensorial, assim tornando mais viável a adição do cacau.

Santos (2016) elaborou uma cerveja com adição de erva-mate variando as etapas de produção para analisar seu potencial fenólico. Analisou a partir da elaboração de extratos aquosos diferentes temperaturas (45, 65, 73 e 100 °C (utilizadas no processo de mosturação e fervura das cervejas), e concentrações (5, 10, 15 e 20 g EM L⁻¹), além de seis tipos de ervas-mate comerciais para chimarrão. Com isso os extratos foram analisados quanto aos teores de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante, pelos métodos de FRAP, ABTS e DPPH. Foram elaboradas três formulações de cervejas com adição de erva-mate tipo chimarrão, composta por 100% de folhas. No primeiro tratamento ocorreu a adição no início da etapa de fervura do mosto, no segundo tratamento a adição ocorreu no final da etapa de fervura do mosto e por fim no tratamento 3, a adição foi na etapa de maturação das bebidas alcoólicas, além de uma formulação controle. Além disso, as cervejas elaboradas foram avaliadas nos dias 1, 90 e 180 de armazenamento.

Foi possível observar que em todos os tipos de ervas-mate e diferentes temperaturas analisadas que quanto maior a concentração de erva-mate, maior é a capacidade antioxidante. Outro detalhe foi que os extratos de erva-mate apresentaram comportamentos diferentes de acordo com os métodos de capacidade antioxidante utilizados. Pelos métodos FRAP e DPPH, na temperatura de 73 °C destacou maior capacidade antioxidante para a erva-mate composta por 100% de folhas, em todas as concentrações analisadas. Já no método ABTS as ervas-mate nas concentrações de 5 e 10 g EM L⁻¹ e a moída grossa com 15 e 20 g EM L⁻¹ apresentaram a maior capacidade antioxidante à 73 °C (p>0,05). A autora concluiu que as temperaturas de 73 e 100 °C foram as mais indicadas para inserção de erva-mate no processamento da cerveja. Entre as ervas-mate analisadas os extratos obtidos com a moída-grossa e a 100% de folhas mostraram ser mais eficientes na extração de compostos bioativos, destacando a composta por 100% de folhas. Desta forma, essa pesquisa apresenta uma inovação para a indústria de bebidas alcoólicas.

Neto, Spinosa e Benassi (2016) analisaram, cervejas puro malte estilo Red Ale com adição das especiarias, açafrão da terra (*Cúrcuma longa*) e a pimenta-do-reino (*Piper nigrum*). No trabalho foi proposto uma mistura dessas especiarias, sendo adicionadas na etapa de maturação na forma de extrato. A cúrcuma foi acrescentada na proporção de 1 g/L; já a pimenta-

do-reino, na concentração de 1,5 g/L de mosto e para comparação, o lúpulo foi adicionado ao final da fervura e na maturação, totalizando concentração de 5 g/L. Além disso, foram avaliadas as combinações de blends das especiarias, as misturas binárias e terciárias para as mesmas. Para determinação da atividade antioxidante utilizou os métodos espectrofotométricos DPPH e FRAP, e como padrão o reagente Trolox. Foi possível observar que a especiaria que apresentou o melhor resultado foi a cúrcuma, em seguida a pimenta-do-reino e por último o lúpulo, isso de acordo com o método DPPH. Já em relação ao método de FRAP apresentou as maiores respostas seguido do blend entre o lúpulo e a pimenta do reino, e as especiarias sozinhas apresentaram um valor menor do que quando misturadas, além de que a pimenta-do-reino apresentou o valor mais baixo. Analisando os resultados concluiu-se que devido às especiarias ter valores próximos de atividade antioxidante comparada com cerveja adicionada de lúpulo é possível utilizar as mesmas como aditivos ou conservantes na bebida.

Matsubara e colaboradores (2006) elaboraram uma cerveja artesanal de trigo adicionada de gengibre, sendo preparada inicialmente dois tipos de extratos de gengibre, logo realizaram as três formulações da bebida. A primeira chamada de controle não teve adição de gengibre, as outras com 0,75 e 1% de gengibre, além disso dois extratos preparados inicialmente também foram analisados em relação a atividade antioxidante. Foram utilizados os métodos DPPH e ABTS para analisar a atividade antioxidante. Foi observado que nos resultados referentes ao método de DPPH a atividade antioxidante variaram entre 1,157,08 a 1,432,08 $\mu\text{M TEAC/L}$, e pelo método de ABTS foram os valores entre 860,33 a 1930,33 $\mu\text{M TEAC/L}$, sendo os valores maiores de acordo os extratos isolados e posterior a sequência da cerveja com maior porcentagem de gengibre adicionada. Os autores relataram que essa diferença de resultados dos dois métodos é devido ao fato de as metodologias serem sensíveis a diferentes componentes presentes nas formulações, mas, de forma geral, mostraram o mesmo comportamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os aspectos levantados ao decorrer do trabalho, é notório que a cerveja artesanal devido a sua variável composição tem um maior diferencial em relação ao sabor e aroma comparado com a cerveja tradicional. Além de que é um segmento em forte expansão a nível mundial, pois é um produto com alto valor agregado e como citado tem seu diferencial em relação a sua caracterização.

Considerando um grande avanço na produção e comercialização de cerveja artesanal no Brasil, o estudo sobre o potencial antioxidante desse produto apresenta relevância, visto que foram encontrados diversos trabalhos atuais que demonstram resultados satisfatórios em relação à atividade antioxidante.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ARAÚJO, G.S. **Elaboração de uma cerveja ale utilizando melão de caroá [sicana odorífera (vell) naudim] como adjunto do malte**. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

ATOUI, A. K.; MANSOURI, A.; BOSKOU, G.; KEFALAS, P. **Tea and herbal infusions: their antioxidant activity and phenolic profile**. Food Chemistry, v. 89, n. 1, p. 27-36, 2005.

BERTOLDI, M.C. **Atividade antioxidante in vitro da fração fenólica, das oleorresinas e do óleo essencial de pimenta rosa (Schinus terebinthifolius raddi)**. 96 f. Tese (Doutorado) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 65, 10 de dezembro de 2019. **Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria**. 239 ed. Seção. 1, p. 31. 2019.

BRIGGS, D. E., BROOKES, P. A., STEVENS, R., BOULTON, C. A. **Brewing: Science and Practice**. 1 ed. Elsevier, 2004.

CALEGARI, R. **Projeto de uma microcervejaria: concepção, dimensionamento e construção**. Defesa (TCC) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

CERVBRASIL. **Anuário 2016**. Disponível em:
<http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf>.
Acesso em: 25 out. 2019.

CERVEJA DA CASA. **O quão boas são as safras de lúpulos de anos anteriores?**. 2018.
Disponível em: <https://cervejadacasa.wordpress.com/2018/07/05/o-qua-boas-sao-as-safras-de-lupulos-de-anos-antiores/>. Acesso em: 13 mai 2021.

CERVEJA MARIMBONDO. Disponível em:
<https://www.cervejamarimbondo.com/post/2017/11/17/os-4-elementos-levedura>. Acesso em
13 mai 2021.

CHEIRAN, K. P; RAIMUNDO, V. P; MANFROI, V; ANZANELLO, M. J; KAHMANN, A;
RODRIGUES, E; FRAZZON, J. **Simultaneous identification of low-molecular weight phenolic and nitrogen compounds in craft beers by HPLC-ESI-MS/MS**. Food Chemistry, v. 286, p. 113-122, jul. 2019.

COELHO NETO, D. M; FERREIRA, L. L. P; SAD, C. M. S; CASTRO, E. V. R; BORGES, W. S; FILGUEIRAS, P. R.; LACERDA Jr, V. **Conceitos Químicos Envolvidos na Produção da Cerveja: Uma Revisão**. Rev. Virtual Quim, v.12, n. 1, p. 120-147, 2020.

CURI, R.A. **Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte**. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

DUARTE, L. G. R. **Avaliação do emprego do café torrado como aromatizante na produção de cervejas**. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Microbiologia Aplicada) - Programa de Pós Graduação da Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ JR, S. **Química do Lúpulo**. Quím. Nova, São Paulo, v. 42, n. 8, p. 900-919, 2019.

EMBUSCADO, M. E. **Spices and herbs: Natural sources of antioxidants - A mini review**. 116 Journal of Functional Foods, v. 18, p. 811–819, 2015.

FEISTAUER, L. B. H. **Propriedades Antioxidantes da Cerveja Artesanal**. 83f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Ciências Básicas da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Bioquímica. Porto Alegre, 2016.

FREITAS, G.L. **Potencial Antioxidante e Compostos Fenólicos na Cerveja, Chopp, Cevada (*Hordeum vulgare* L.) e no Bagaço de Brassagem**. 87f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

GONÇALVES, F.G. **Avaliação do farelo integral de pimenta rosa (*schinus terebinthifolius raddi*) como promotores de produção na dieta de frangos de corte**. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Porto Alegre, 2011.

HUGHES, P. **Beer Flavor**. In. BAMFORTH, C.W. ed. Beer: A Quality Perspective. San Diego: Academic Press, 2009.

KLEBAN, J., NICKERSON, I. **To Brew, or Not to Brew-That Is the Question: An Analysis of Competitive Forces in the Craft Brew Industry**. Journal of the International Academy for Case Studies. v. 18, p. 59-81, 2012.

LIMA, N.; MOTA, M. **Biotecnologia: fundamentos e aplicações**. v. 1. Lisboa: Lidel, 2003.

LUGASI, A. **Polyphenol content and antioxidant properties of beer**. Acta Alimentaria, v. 32, n.2, p. 181-192, 2003.

MACEDO, N.B. **Pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius Raddi*): compostos presentes nos frutos e suas atividades antioxidante e anti-inflamatória**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Nutrição) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

MACHADO, E.R. **Desenvolvimento e caracterização de cerveja artesanal com adição de cacau**. 46 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

MACIEL, D.C; ELÓI, L.M.H; JORDÃO, C.O. **Compostos Fenólicos em Diferentes Marcas de Cerveja: Comparação Qualitativa de Diferentes Marcas e Sua Relação com a Saúde Humana**. Revista Brasileira Multidisciplinar, v. 16, n. 1, p. 41-52, jan. 2013.

MAPA. **Anuário da Cerveja**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2019. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuario-da-cerveja-2019/. Acesso em: 04 abr. 2021.

MATSUBARA, A. K; PLATB, A. R; BARBETTA, P. V. C; UENO, C. T; MOREIRA, I. C; SAKANAKA, L. S. **Desenvolvimento de cerveja artesanal de trigo adicionada de gengibre (*zingiber officinale roscoe*)**. Tópicos em ciência e tecnologia de alimentos: resultados de pesquisas acadêmicas. v.2. p. 22-28. São Paulo: Blucher, 2006.

MAZUROSKI JUNIOR, A. **Bebendo cultura: construção da linguagem e epidemiologia cultural da cerveja**. 250 f. Tese (Doutorado em Letras) - Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. São Paulo. Larousse do Brasil, 2009.

MOURÃO, C. L. O. **Planejamento Estratégico em uma Pequena Cervejaria Artesanal**. 109 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

NETO, R. C. N; SPINOSA, W. A; BENASSI, M. T. **Atividade antioxidante e compostos fenólicos totais em cerveja artesanal estilo red ale com adição de especiarias**. Cervecon Congresso Latino Americano & Brasileiro de Ciência e Mercado Cervejeiro. 2016.

NOVAES, R. H.; RODRIGUES, S. A.; SARNIGHAUSEN, V. C. R.; PAI, A. DAL. **O Lúpulo e suas aplicações em bioprocessos e biotecnologia**. I Encontro Brasileiro de Pesquisadores e Produtores de Lúpulo. São Paulo, 2019.

OLIVEIRA, N. A. M. **Leveduras utilizadas no processo de fabricação de cerveja**. 45f. Monografia (Especialista em Microbiologia Ambiental e Industrial) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

OLIVEIRA NETO, J.R. **Potencial antioxidante e atividade vasodilatadora de cervejas comerciais**. 93 f. Tese (Doutorado em Inovação Farmacêutica em Rede) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

PORTO, P. D. **Tecnologia de fabricação de malte: uma revisão**. 58f. Monografia (Engenheiro de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

RAMPAZZO, V. **Caracterização da composição fenólica e capacidade antioxidante de cervejas comerciais de diferentes processos de fermentação**. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

REVISTA PESQUISA FAPESP (Ed.). **Inovações cervejeiras**. 2017. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2017/01/09/inovacoes-cervejeiras/>>. Acesso em: 26 out. 2019.

RODRIGUES, M.A; MORAIS, J. S; CASTRO, J. P. M. **Jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio**. Livro de atas. 1ª ed. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, v. 2, p. 11-22, 2015.

SANTOS, C. O. **Elaboração de cerveja com adição de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.): Qualidade físico-química e sensorial**. 129p. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2016.

SILVA, M. J. S. **Produção de cerveja artesanal tipo Weiss adicionada de manga cv. espada**. 151f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020.

SINDICATO NACIONAL DA INDUSTRIA DA CERVEJA SINDICERV. **História da Cerveja**. 2019. Disponível em: <<https://www.sindicerv.com.br/historia-da-cerveja/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

SORBO, A. C. A. C; BROETTO, F. **Caracterização dos antioxidantes em cervejas tipo pilsen suplementadas com polpa de maracujá**. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 34, n. 3, p. 441-446, jul. 2019.

TOZETTO, L.M. **Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de gengibre (Zingiber officinale)**. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e cervejarias: a história, a arte e a tecnologia**. São Paulo: Editora Aden, 2001.

TRINDADE, S.C. **Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal**. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

TUBB, R. S.; LILJESTROM, P. L. **A colony-colour method which differentiates *α*-galactosidase-positive strains of yeast**. Journal of the Institute of Brewing, v. 92, n. 6, p. 588-590, 1986.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. v.1. São Paulo: Blucher, p. 15-20, 2010.

VIEIRA, A. C. G; LACERDA, E. C. Q; SANT'ANA, G. C. F; LEÃO, M. H. M. R; AMARAL, P. F. F. **Antioxidant activity in commercial wheat beer**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.2, p. 15217-15222, fev. 2021.