

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

JUAN CHRISTIAN DOS SANTOS VIEIRA

**A INFLUÊNCIA DA REAÇÃO DE MAILLARD NA GERAÇÃO DE ÁLCOOL E NAS
CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DA CERVEJA ARTESANAL**

Maceió
2023

JUAN CHRISTIAN DOS SANTOS VIEIRA

**A INFLUÊNCIA DA REAÇÃO DE MAILLARD NA GERAÇÃO DE ÁLCOOL E NAS
CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DA CERVEJA ARTESANAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia
Química da Universidade Federal de
Alagoas como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Jorge José de Brito
Silva

Maceió
2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

V658i Vieira, Juan Christian dos Santos.
A influência da reação de Maillard na geração de álcool e nas características sensoriais da cerveja artesanal / Juan Christian dos Santos Vieira. – 2023.
52 f. : il. color.

Orientador: Jorge José de Brito Silva.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química)
– Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 47-50.
Apêndices: f. 51-52.

1. Cerveja artesanal. 2. Malte. 3. Reação de Maillard. I. Título.

CDU: 663.4



JUAN CHRISTIAN DOS SANTOS VIEIRA

**A INFLUÊNCIA DA REAÇÃO DE MAILLARD NA GERAÇÃO DE ÁLCOOL E
NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DA CERVEJA ARTESANAL**

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
JORGE JOSE DE BRITO SILVA
Data: 03/05/2023 20:35:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jorge José de Brito da Silva



Documento assinado digitalmente
RENATA MARIA ROSAS GARCIA ALMEIDA
Data: 04/05/2023 10:02:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Renata Maria Rosas Garcia Almeida



Documento assinado digitalmente
CARLOS EDUARDO DE FARIAS SILVA
Data: 12/05/2023 14:14:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Carlos Eduardo de Farias Silva

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais pelo esforço e dedicação em proporcionar esta oportunidade única na minha vida. Com certeza, sem eles eu não estaria aqui. Especialmente minha mãe, que sempre me estimulou e me fez entender a importância do estudo em nossas vidas. Em todos os momentos de dificuldade, ela se fez presente mesmo de longe. Também gostaria de agradecer minha namorada Millena por todo o incentivo e empolgação ao me ver conquistando essa grande vitória.

A universidade, sem sombra de dúvidas, é a melhor experiência que uma pessoa pode viver. Além dos estudos, as pessoas e os relacionamentos também nos fazem crescer e encarar a vida adulta com outros olhos. Dentro da UFAL pude conhecer pessoas incríveis que carregarei em meu coração por toda a vida, principalmente: Matheus, Larissa, Duda, Marquinhos, Stephanie, Aline, Rafael, Walber e Amanda.

Quanto às experiências e relacionamentos, também tenho muito a agradecer à PROTEQ - Empresa Júnior de Engenharia Química e Engenharia Ambiental. Durante dois anos foi minha casa. Lá aprendi a ressignificar esforço, compromisso e respeito. Foi no Movimento Empresa Júnior onde realmente consegui crescer e desenvolver minhas capacidades profissionais. Igualmente, agradecer pela oportunidade de ser monitor de Termodinâmica I e contribuir para a formação de outras pessoas, assim como outros contribuíram para a minha.

Por fim, tenho muito a agradecer aos professores do curso de Engenharia Química da UFAL. Por muitas vezes tive conversas extremamente produtivas e esclarecedoras dentro e fora de sala. Com muito esforço e suor buscam sempre o melhor para nossa instituição. Especialmente, gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Jorge José de Brito da Silva por aceitar ser meu orientador nesta última etapa da graduação. Também, agradeço imensamente a disposição e compromisso da banca avaliadora. São profissionais de formações admiráveis, e que me impactaram imensamente.

RESUMO

Nos últimos anos, principalmente durante a pandemia, o consumo de cerveja artesanal cresceu vertiginosamente no Brasil. Como consequência, também aumentou a quantidade de cervejarias artesanais no país. Entretanto, o alto custo de produção faz com que o mercado ainda seja muito restrito. Apesar disso, algumas cervejarias apostam na criatividade para promover produtos mais acessíveis e inovadores no mercado. Por via de regra, diferentes cervejas implicam primariamente em diferentes combinações de maltes. Existem dois tipos principais de malte: os maltes base e os maltes especiais. Os maltes especiais são usados para aroma e sabor, e não têm poder diastático. Dentro do grupo de maltes especiais estão os maltes torrados. Estes, têm seus açúcares carbonizados por torra em altas temperaturas, dando-lhes uma cor vermelha/marrom ou preta profunda. A proposta deste trabalho é replicar a técnica de obtenção do malte tostado e avaliar sua influência no processo de fabricação de cerveja artesanal, tais como: sua interferência no poder de conversão do açúcar em álcool e também como suas propriedades podem alterar as características sensoriais do produto final, em específico o sabor

A fim de avaliar a influência do nível de torrefação, o malte *Pilsen* foi tostado em dois níveis diferentes para que fosse possível alcançar perfis independentes no produto final. O primeiro perfil foi o de malte *Amber*, sendo necessário tostar o malte base por 30 minutos a 175°C. Já o segundo perfil, se referiu ao Malte Carafa Tipo III, onde foram necessários 30 minutos a 190°C para alcançar o nível de tosta desejado. Para análise da diferença de sabor entre as cervejas produzidas, foi utilizado o teste de comparação múltipla ou diferença-do-controle que avalia, simultaneamente, uma ou mais amostras quanto a um atributo específico, determinando a diferença e o grau da diferença em relação a um controle. Neste caso, o atributo específico a ser avaliado foi o de sabor.

As cervejas 1, 2 e 3 apresentaram concentrações finais de 19,90g/L, 17,84g/L e 15,38g/L de etanol respectivamente. Este comportamento era esperado, uma vez que quanto maior o grau de torrefação, menor o poder diastático do grão. Em relação à análise sensorial dos produtos finais, somente a Cerveja 2 não correspondeu ao esperado, onde a cor e o sabor pouco se diferenciaram do controle. Logo, apenas a Cerveja 3 apresentou características diferentes do controle em nível de significância de 5%.

Palavras-Chave: reação de maillard; cerveja artesanal; melanoidinas; poder diastático.

ABSTRACT

In recent years, especially during the pandemic, the consumption of craft beer has grown dramatically in Brazil. As a consequence, the number of craft breweries in the country also increased. However, the high cost of production makes the market still very restricted. Despite this, some breweries are betting on creativity to promote more accessible and innovative products on the market. As a rule, different beers primarily imply different malt combinations. There are two main types of malt: base malts and specialty malts. Specialty malts are used for aroma and flavor, and have no diastatic power. Within the group of specialty malts are roasted malts. These have their sugars charred by roasting at high temperatures, giving them a deep red/brown or black colour. The purpose of this work is to replicate the technique for obtaining toasted malt and evaluate its influence on the craft beer manufacturing process, such as: its interference in the conversion power of sugar into alcohol and also how its properties can alter the sensory characteristics of the product. end, in particular the taste

In order to evaluate the influence of roasting level, Pilsen malt was roasted at two different levels in order to achieve independent profiles in the final product. The first profile was the Amber malt, being necessary to toast the base malt for 30 minutes at 175°C. The second profile refers to Type III Carafa Malt, where it took 30 minutes at 190°C to reach the desired level of toast. To analyze the difference in flavor between the beers produced, the comparison or difference-from-control test was used, which simultaneously evaluates one or more experiences regarding a specific attribute, determining the difference and the degree of difference in relation to a specific attribute. control. In this case, the specific attribute to be evaluated was flavor.

Beers 1, 2 and 3 had final concentrations of 19.90g/L, 17.84g/L and 15.38g/L of ethanol respectively. This behavior was expected, since the higher the degree of roasting, the lower the diastatic power of the grain. Regarding the sensory analysis of the final products, only Beer 2 did not correspond to expectations, where the color and flavor differed little from the control. Therefore, only Beer 3 presented different characteristics from the control at a significance level of 5%.

Key words: Maillard reaction; craftbeer; melanoidins; diastatic power.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Fluxograma da produção de cerveja | 23 |
| Figura 2 - Faixas típicas de operação de enzimas no mosto | 24 |
| Figura 3 - Esquema da primeira etapa da reação de Maillard entre um açúcar redutor e uma amina resultando em uma cetoseamina | 28 |
| Figura 4 - Malte <i>pilsen</i> da Gourmet Marz | 31 |
| Figura 5 - Maltes Obtidos ao final da torrefação..... | 40 |
| Figura 6 - Cervejas obtidas ao final do processo | 41 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Composição do grão de cevada e do malte de cevada | 19 |
| Tabela 2 - Composição química do lúpulo em flor | 21 |
| Tabela 3 - Principais Grupos Enzimáticos e Funções | 25 |
| Tabela 4 - Formulação das cervejas a serem fabricadas | 33 |
| Tabela 5 - Curva Padrão de Etanol | 35 |
| Tabela 6 - Análise de Variância (ANOVA)..... | 36 |
| Tabela 7 - Valores de F_0 para o nível de erro $\alpha = 5\%$, segundo número de graus de liberdade de n_1 e n_2 | 37 |
| Tabela 8 - Valores de d para teste de Dunnett, bilateral, nível de erro $\alpha = 5\%$, segundo o número de tratamentos P excluindo o controle, e o número de graus de liberdade do resíduo n_1 | 39 |
| Tabela 9 - Densidades das cervejas produzidas..... | 41 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Massa de etanol, concentração teórica e concentração real de etanol nas cervejas produzidas..... | 41 |
| Quadro 2 - Perfil dos avaliadores..... | 43 |
| Quadro 3 - Notas para o teste de comparação múltipla..... | 44 |
| Quadro 4 - Análise de variância aplicada aos resultados obtidos no teste de comparação | 44 |
| Quadro 5 - Média das notas das amostras | 45 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----|------------------------------------|
| FAN | <i>Free Amino Nitrogen</i> |
| EBC | <i>European Brewery Convention</i> |
| DMS | Diferença Mínima Significativa |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. OBJETIVOS | 16 |
| 2.1 Geral | 16 |
| 2.2 Específicos | 16 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 3.1 Cerveja | 17 |
| 3.2 Malte | 18 |
| 3.3 Outras matérias-primas para produção de cerveja | 20 |
| 3.3.1 Água | 20 |
| 3.3.2 Lúpulo | 20 |
| 3.3.3 Adjuntos | 22 |
| 3.4 Elaboração da Cerveja | 22 |
| 3.4.1 Moagem do malte | 23 |
| 3.4.2 Mostura (Atuação Enzimática) | 24 |
| 3.4.3 Filtração, fervura e tratamento do Mosto | 25 |
| 3.4.4 Fermentação | 26 |
| 3.5 Reação de Maillard | 27 |
| 3.6 Análise Sensorial | 30 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS | 31 |
| 4.1 Materiais | 31 |
| 4.1.1 Malte <i>pilsen</i> | 31 |
| 4.1.2 Torrefador de grãos - Air Fryer | 31 |
| 4.1.3 Equipamentos para produção de cerveja | 31 |
| 4.2 Métodos | 32 |
| 4.2.1 Torrefação do malte | 32 |
| 4.2.2 Produção da cerveja | 33 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.2.3 | Análise da Massa de Etanol..... | 34 |
| 4.2.4 | Análise Sensorial | 35 |
| 4.2.4.1 | Método discriminativo por teste de comparação múltipla | 35 |
| 5. | RESULTADOS..... | 40 |
| 5.1 | Torrefação do malte <i>pilsen</i> | 40 |
| 5.2 | Produção das cervejas..... | 40 |
| 5.3 | Análise da Densidade Inicial em Função da Quantidade de Açúcar..... | 41 |
| 5.4 | Análise Sensorial | 42 |
| 5.4.1 | Método Discriminativo | 44 |
| 6. | CONCLUSÃO | 46 |
| 7. | REFERÊNCIAS..... | 47 |
| | APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE INFORMAÇÕES PESSOAIS..... | 51 |
| | APÊNDICE B – TESTE DE COMPARAÇÃO MÚLTIPLA..... | 52 |

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o mercado cervejeiro no Brasil encontra-se em seu ápice. Dados recentes afirmam que são 5,1 milhões de consumidores a mais nos 12 meses terminados em março de 2022, em comparação ao ano móvel que acabou em março de 2021 (ABRAS, 2022).

Historicamente, existem quatro principais escolas cervejeiras, sendo elas: alemã, belga, americana e inglesa. Uma escola cervejeira é a representação de países que originam algum tipo de cerveja, com características e personalidades únicas. Elas têm tradição e um modo certo de serem feitas, que comumente contam até com um toque cultural do país. Apesar da pouca extensão territorial, a tradição belga é criar muitos perfis, sem estilos determinados. As cervejas são complexas, de alta fermentação com mais realce ao frutado e malte do que o lúpulo. Abusam de diversas especiarias, as mais usadas são sementes de coentro, anis, cardamomo e cascas de laranja dão sabores frutados nas receitas locais. O teor alcoólico das cervejas belgas costuma também ser mais altos do que o padrão, superando os 10% de álcool (GUITTI, 2020).

Ainda segundo a GUITTI (2020), a escola alemã é fiel à Lei de Pureza alemã promulgada em 1516, na região da Baviera que determinou que as cervejas só poderiam utilizar três ingredientes em sua produção: água, malte e lúpulo. A escola americana é marcada por intensidades e até exageros, além da utilização de insumos locais, por exemplo a diversidade de lúpulos. Por fim, a escola inglesa é conhecida pelo uso de diferentes torras de malte, de lúpulos com notas terrosas/herbais e também pelas receitas menos carbonatadas, de corpo elevado, mais amargor e também com teor alcoólico elevado (FEITOSA, 2022).

O malte mais famoso e mais vendido no mundo é o malte *pilsen*. É utilizado como base não só na cerveja *pilsen*, como em vários outros estilos. Por ter uma ampla aplicabilidade e bom preço, é sempre considerado pelos cervejeiros na hora de elaborar e executar receitas (SALIN, 2020).

Existem basicamente dois tipos de malte: maltes base e maltes especiais. A grande maioria do malte base é feita para fornecer os elementos essenciais necessários para a produção de cerveja. Maltes especiais adicionam diversidade e complexidade a uma cerveja. O sabor e a cor característicos são provavelmente os dois atributos mais notáveis contribuídos pelos maltes especiais. Grãos alternativos,

diferentes processos e ingredientes adicionais podem criar um grande número de maltes distintos que mudam e aprimoram muitos aspectos de uma cerveja (MALLETT, 2014, p.98).

Apesar de parecer inusitado, é possível lidar com outros grãos além da cevada. O trigo, por exemplo, é imprescindível em vários estilos ao redor do mundo. Além disso, é extremamente comum o uso de aveia, centeio, sorgo, arroz, milho, quinoa, frutas, mel, café e chocolate. É possível adicionar tudo isso na cerveja e contribuir para um sabor único e marcante (DANIELS, 1998).

Os maltes torrados são utilizados principalmente para adicionar cor e sabor à cerveja. São produzidos através do processo de torrefação, que envolve a exposição dos grãos de malte a altas temperaturas por um período de tempo determinado. Durante o processo de torrefação, ocorrem reações químicas que produzem uma variedade de compostos que dão aos maltes torrados seus sabores característicos. Os maltes torrados são utilizados em pequenas quantidades na mistura de malte para evitar que o sabor torrado domine o sabor da cerveja. Eles podem ser utilizados em diferentes quantidades para produzir diferentes níveis de cor e sabor (KUGLER, 2023).

Uma das propriedades mais importante dos açúcares nos alimentos é a da formação de cor característica: cor de caramelo. As reações de escurecimento são desejadas em produtos de confeitaria, no preparo de bolos, bolachas, balas, biscoitos, pães e assados em geral. Também são desejadas nas carnes assadas, batatas fritas, amendoim e café torrados e em cerveja. Tanto para o caso de escurecimento desejável como indesejável, podem predominar diferentes caminhos para a reação de escurecimento. Esses tipos de reações foram agrupadas com o nome de escurecimento não enzimático, por analogia ao outro tipo genérico de escurecimento de frutas provocado por reações de enzimas. Para que essas reações ocorram há necessidade da presença de alguns fatores combinados como temperatura, tempo, umidade, meio ácido ou alcalino e componentes dos alimentos mais suscetíveis a participarem da reação. O produto final será sempre um polímero responsável pela cor, as melanoidinas. No caso da reação de Maillard, além da cor tem-se a formação do aroma (OETTERER, 2019).

Sabendo que em todos segmentos do mercado existe urgência por novidades e fixação das marcas por estabelecer suas próprias identidades, é inegável a relevância destas ações dentro das cervejarias. Assim, a transformação do seu

próprio malte pode suprir tais necessidades, e alavancar a relevância de uma cervejaria dentro do mercado.

O objetivo deste trabalho é reproduzir o processo de transformação de um malte base em um malte especial, através da torrefação, a fim de obter sabores mais complexos e refinados. Em adição, avaliar sua interferência no processo de obtenção de álcool, e também como suas propriedades podem alterar as características sensoriais da cerveja, em específico o sabor.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Discutir sobre a influência da Reação de Maillard, via torrefação, no processo de fabricação de uma cerveja artesanal. Mais especificamente, descrever como o grau de torra de um malte pode alterar o teor alcoólico do produto final. Além disso, estabelecer através do teste de comparação múltipla, o nível de diferenciação entre uma cerveja produzida exclusivamente com malte base e as cervejas produzidas com a mistura entre malte base e malte torrado.

2.2 Específicos

- Através da determinação da concentração final em g/L de etanol nas cervejas produzidas, avaliar como o grau de torrefação pode influenciar o teor alcoólico final;
- Utilizando o teste de comparação múltipla, avaliar simultaneamente todas as cervejas produzidas em torno do atributo de sabor, determinando a diferença e o grau da diferença em relação ao controle.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cerveja

De acordo com a INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 65, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2019, cerveja pode ser definida como 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 poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro.

Sob a ótica da mesma Instrução Normativa, os ingredientes utilizados na produção de cerveja podem ser classificados como opcionais e obrigatórios. Obrigatórios: água potável, malte ou seu extrato e lúpulo ou seu extrato. Opcionais: adjuntos cervejeiros, ingredientes de origem animal, vegetal ou outros ingredientes aptos para o consumo humano como alimento, levedura e outros microrganismos fermentativos utilizados para modificar e conferir as características típicas próprias da cerveja, desde que garantida sua inocuidade à saúde humana.

De acordo com GAZIRE (2018), no contexto de uma cerveja produzida a nível de bancada, é importante salientar que algumas etapas podem ser desprezadas em comparação à escala industrial. Sendo assim, o processo terá a seguinte sequência: moagem, brassagem ou mosturação, filtração, fervura, clarificação, resfriamento e oxigenação, fermentação, maturação e envase.

É o processo onde a casca do malte é rompida, expondo o amido, as proteínas e as enzimas presentes dentro do grão. Moagens muito finas podem resultar em cervejas adstringentes, e causar entupimentos ou incrustações. Moagens muito grossas reduzem a eficiência do processo, produzindo menos. Neste ponto, os açúcares não fermentáveis do malte são transformados em açúcares fermentáveis. Posteriormente, serão transformados em álcool e em gás carbônico. O amido presente no malte é composto por moléculas de diferentes açúcares, e diferentes tamanhos. Para cada açúcar, existem enzimas responsáveis por catalisar a quebra de suas cadeias. É importante frisar que cada enzima tem uma faixa ideal de temperatura e de pH. Aqui, o mosto líquido de intenso dulçor é separado das partes sólidas do malte. Além disso, é recirculada água morna no bagaço do malte para extrair açúcares residuais. Com a ebulição do mosto são

liberadas substâncias indesejáveis da cerveja. Um exemplo é o dimetilsulfureto, composto que confere sabor e cheiro de milho cozido. Aqui também são adicionados os lúpulos, que conferem amargor, aroma e parte do sabor da cerveja. Visa a retirada do material insolúvel e indesejado do mosto. Pode ser feita através do whirlpool (agitação circular do mosto, que tem por função acumular a matéria insolúvel no fundo da panela de fervura). Assim, se faz necessário uma saída alternativa do líquido, para que não haja a mistura novamente com a matéria separada.

Após a etapa de clarificação, o mosto precisa ser ajustado para a inoculação das leveduras. Logo, é resfriado até atingir a temperatura máxima de fermentação. A temperatura de referência varia conforme o tipo de cerveja produzido, uma vez que as leveduras variam com o tipo de cerveja. Para finalizar, é necessário adicionar oxigênio ao mosto. Neste ponto, o mosto é transformado em cerveja. Esta transformação é gradual, e progride conforme as leveduras metabolizam os açúcares fermentáveis, gerando álcool, gás carbônico e os demais subprodutos da fermentação. Este processo deve ocorrer em repouso. É imprescindível que a levedura não sofra nenhum estresse. A duração da fermentação varia conforme as condições no qual o mosto é armazenado. A partir do momento que a densidade da cerveja começa se repetir, significa que a fermentação acabou. Ao fim da fermentação, as leveduras localizadas no fundo do fermentador são retiradas, e o produto final é mantido à temperatura adequada por alguns dias. Essa etapa tem a função de garantir a reabsorção de compostos rejeitados pelas leveduras que sobraram, e também promover uma melhor homogeneização entre o gás carbônico e a cerveja. O envase deve ser feito em recipientes previamente higienizados, com o mínimo de interação possível com oxigênio. A oxidação da cerveja acelera a deterioração da bebida, reduzindo assim seu período de validade

3.2 Malte

O malte é a fonte primária dos açúcares que são utilizados no processo de fermentação da cerveja. A etapa de maltagem permite que o grão germine parcialmente, interrompendo-a antes que haja um broto por completo. Durante a germinação, as enzimas da camada de aleurona são liberadas e novas enzimas são criadas. Estas, são responsáveis pela quebra da matriz proteica do endosperma em carboidratos, aminoácidos e lipídios menores. Com isso, resulta na abertura das

reservas de amido da semente. O endosperma é constituído por grânulos de amido grandes e pequenos. As paredes celulares dentro da matriz composta por grânulos de amido são compostas de beta-glucanos, pentosanos e proteínas (PALMER, 2006, p.151).

De forma geral, a função da maltagem é desenvolver enzimas, quebrar a matriz que envolve os grânulos de amido, preparar os amidos para conversão e, por fim, interromper esse processo para que o grão maltado seja usado na elaboração da cerveja. Após o fim da modificação, o grão é seco. Assim, a acrospira e as radículas são extraídas por tombamento. A secagem em estufa do novo malte desnatura muitas das variadas enzimas. Toda via, ainda permanecem as enzimas responsáveis pela conversão do amido. O potencial de conversão enzimática do amido que um malte possui é conhecida como "poder diastático" (PALMER, 2006, p.151). A Tabela 1 apresenta um comparativo entre a composição do grão de cevada e o malte.

Tabela 1 - Composição do grão de cevada e do malte de cevada

| Características | Grão de Cevada | Malte de Cevada |
|--|-----------------------|------------------------|
| Massa do Grão (mg) | 32 a 36 | 29 a 33 |
| Umidade (%) | 10 a 14 | 4 a 6 |
| Amido (%) | 55 a 60 | 50 a 55 |
| Açúcares (%) | 0,5 a 1,0 | 8 a 10 |
| Nitrogênio Total (%) | 1,8 a 2,3 | 1,8 a 2,3 |
| Nitrogênio Solúvel (% de N total) | 10 a 12 | 35 a 50 |
| Poder Diastático, °% L* | 50 a 60 | 100 a 250 |
| Enzima α -amilase, 20° unidades** | traços | 30 a 60 |
| Atividade Proteolítica | traços | 15 a 30 |

*Lintner (índice de atividade das amilases), **em unidades de dextrinas produzidas

Fonte: Silva, 2005.

Conforme estabelecido por PALMER (2006), existem dois tipos de maltes: base e o especiais. De forma resumida, os maltes base são responsáveis pelas reservas de amido necessárias para a fermentação. Já os maltes especiais são utilizados para aromatizar e não têm poder diastático. Alguns desses maltes passam por processos de aquecimento onde os amidos são convertidos em açúcares pelo calor e umidade interna. O resultado dessa etapa são maltes que contém açúcares complexos, a maioria não fermentáveis, mas que resultam em um perfil de dulçor semelhante ao caramelo. Esses maltes pré-convertidos se apresentam em

diferentes níveis de torrefação ou cores (unidade de cor é o Lovibond). Cada malte especial apresenta um grau diferente de fermentabilidade e doçura característica.

3.3 Outras matérias-primas para produção de cerveja

3.3.1 Água

De acordo SILVA (2005), conforme citado por RUSSELL e STEWART (1995), a água se apresenta como a matéria-prima de maior quantidade no processo de fabricação da cerveja. Aproximadamente 95% da massa da cerveja corresponde a água. Por esta razão, as fábricas de cerveja se instalam em regiões onde a água apresenta uma boa qualidade.

No meio ambiente a água contém sais dissolvidos, podendo variar em quantidade e qualidade dependendo da região. Se a quantidade for alta, a água apresenta o sabor dos sais dissolvidos nela. Além disso, pode conter substâncias orgânicas e compostos gasosos que transmitem forte odor e sabor. A quantidade e a qualidade da matéria presente na água influenciam o processo fermentativo, e também o produto final (SILVA apud VARNAM e SUTHERLAND, 1997).

De acordo SILVA (2005), conforme citado por RUSSELL e STEWART (1995), os requisitos básicos para a obtenção de água cervejeira são: conformidade com os padrões gerais de potabilidade, ser limpa, inodora e incolor e apresentar concentração de cálcio em torno de 50 mg/L.

3.3.2 Lúpulo

O gênero *Humulus* inclui três espécies: *Humulus lupulus*, *Humulus scandens*, e *Humulus yunnanensis*, mas as duas últimas não produzem cones resinosos e não são úteis na fabricação de cerveja. O *Humulus* pertence à família *Cannabaceae*, que também inclui a *Cannabis*. Quando cervejeiros falam sobre lúpulo, não se concentram na planta, mas no cone. O estróbil desenvolve-se a partir de uma inflorescência feminina (aglomerado de flores). Um estiramento em ziguezague se estende pelo centro do estróbil, e o estróbilo carrega um par de brácteas (folhas externas) e quatro bractéolas (pétalas internas) em cada nó. As glândulas de lupulina se desenvolvem na base das bractéolas. A própria lupulina é amarela, pegajosa e aromática. Os cones variam em tamanho de menos de uma polegada de

comprimento a mais de duas polegadas. Também variam muito em aparência (HIERONYMUS, 2012)

As glândulas de lupulina contêm resinas duras e moles, óleos e polifenóis. As resinas moles incluem ácidos alfa e ácidos beta, os quais contribuem para o amargor. Ácidos alfa isomerizados, convertidos durante a fervura do mosto, são a fonte primária de amargor. Os óleos presentes no lúpulo são os principais contribuintes para o aroma e o sabor. Um cone de lúpulo seco inclui 8 a 10% de umidade, 40 a 50% de celulose, até 15% de proteína, 8 a 10% de cinzas, 2% de pectinas, até 5% de lipídios e ceras, 2 a 5% de polifenóis, 0 a 10% de ácidos beta, 0 a 22% de ácidos alfa e 0,5 a 4% de óleos essenciais. Geralmente, os cervejeiros se concentram nos dois últimos (HIERONYMUS, 2012). A Tabela 2 apresenta uma visão complementar e mais específica sobre a composição do lúpulo em flor segundo Silva (2005), conforme citado por TSCHOPE (2001).

Tabela 2 - Composição química do lúpulo em flor

| Características | Porcentagem (%) |
|------------------------|------------------------|
| Resinas Amargas Totais | 12 - 22 |
| Proteínas | 13 - 18 |
| Celulose | 10 - 17 |
| Polifenóis | 4 - 14 |
| Umidade | 10 - 12 |
| Sais minerais | 7 - 10 |
| Açúcares | 2 - 4 |
| Lipídios | 2,5 - 3,0 |
| Óleos essenciais | 0,5 - 2,0 |
| Aminoácidos | 0,1 - 0,2 |

Fonte: Silva, 2005.

De acordo com SILVA (2005), conforme citado por SEIDL (2003), o lúpulo pode ser comercializado na forma de flores secas (*in natura*), *pellets* ou em extratos. Mercadologicamente, são classificados como lúpulos de aroma e de amargor, conforme suas características sobressalentes.

Na indústria é comum o uso de lúpulo em *pellets*, pois apresentam uma concentração maior de compostos desejados, maior facilidade de operação e um valor médio relativamente baixo, a depender a espécie.

Os óleos essenciais, as substâncias minerais, os polifenóis e as resinas amargas são os componentes mais representativos do lúpulo. Já os lipídios, as

proteínas e a celulose são insolúveis. Logo, não agregam ao processo de produção de cerveja (HIERONYMUS, 2012).

Segundo SENAI (2004), mesmo estes componentes sendo altamente voláteis, com perdas que transitam de 96 a 98% ao longo do processo produtivo, são atribuídos aos óleos essenciais as características aromáticas do lúpulo. As resinas do lúpulo, que podem ser classificadas como resinas brandas totais, apresentam α -ácidos ou humulonas passíveis de isomerização, apresentando alta solubilidade. Assim, são responsáveis pelo amargor da cerveja (SILVA apud TSCHOPE, 2001).

3.3.3 Adjuntos

Para SILVA (2005), conforme citado por RUSSELL e STEWART (1995), adjuntos são carboidratos que não passam pelo processo de malteação, de composição e propriedades adequadas que complementam favoravelmente o mosto de malte de cevada. Também são considerados como fontes de açúcares não maltados.

Os adjuntos mais comuns são milho, arroz e trigo. São empregados majoritariamente na adição direta no mosto. Assim, as enzimas contidas no próprio malte são utilizadas para hidrolisar o amido existente em sua composição (SENAI, 2004).

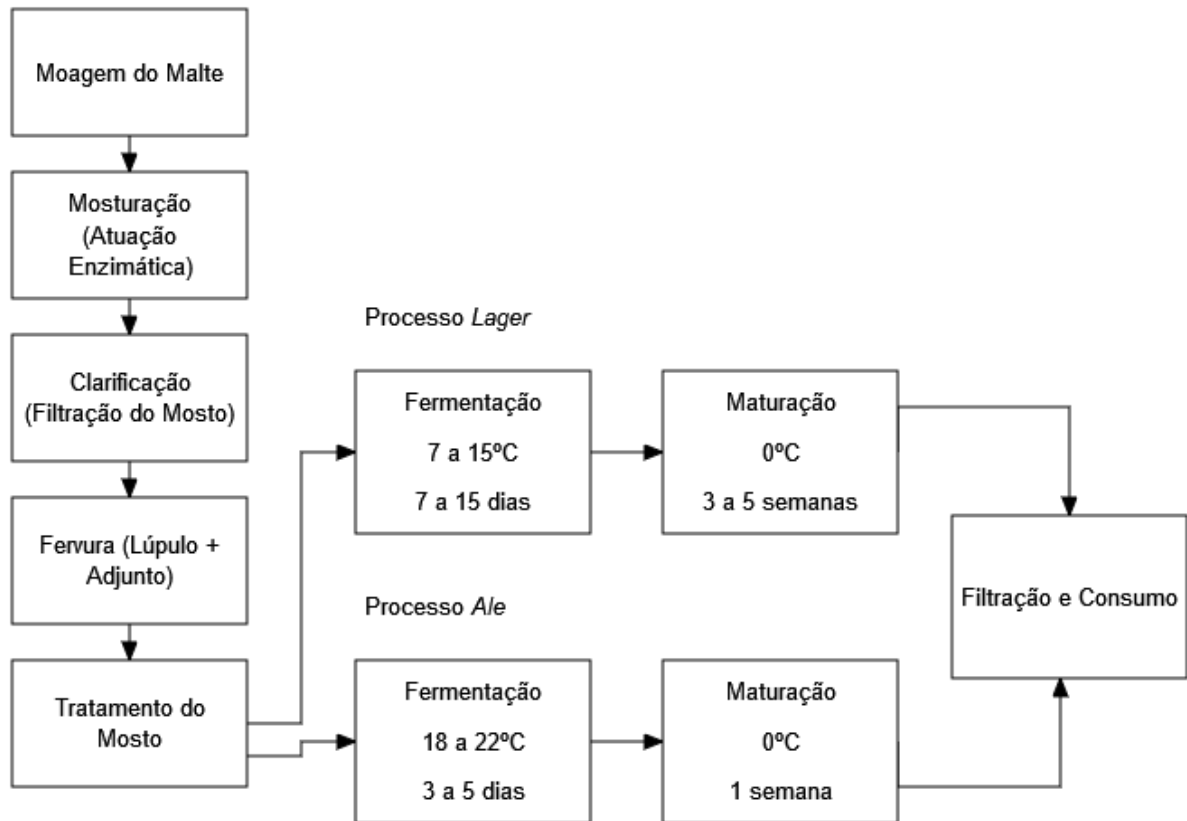
Também por SILVA (2005), como citado por RUSSELL e STEWART (1995), em relação ao uso de aditivos na forma de açúcar, seja desidratado como cristais ou na forma de xarope concentrado, apresentam menor teor de proteína e menor volume de processamento sem pré-tratamento, como a sacarificação, do que os grãos. Esses aditivos, que são utilizados na forma de cristais de açúcar ou xaropes concentrados, podem, portanto, ser adicionados diretamente na etapa de fervura. A principal motivação para o uso de adjuntos é fornecer um mosto mais barato em comparação ao mosto composto apenas por malte. A cerveja produzida com o uso de aditivos pode apresentar as seguintes vantagens: cor mais brilhante, maior estabilidade física e maior produção mesmo com espaço limitado de operação.

3.4 Elaboração da Cerveja

Tradicionalmente, a maioria das cervejas encontradas no mercado podem ser classificadas em dois grandes grupos: *ale* - obtida pela ação da levedura que se emerge para a superfície do meio durante a fermentação (cerveja de alta

fermentação), e *lager* - obtidas pela ação da levedura que se deposita no fundo do tanque, durante ou após a fermentação (cerveja de baixa fermentação). Esta última é a mais popular ao redor do planeta (SILVA apud MARTINS, 1991). Basicamente, a sequência dos processos adotados para a produção de ambos estilos de cervejas são similares e estão mostrados na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma da produção de cerveja



Fonte: Silva, 2005.

3.4.1 Moagem do malte

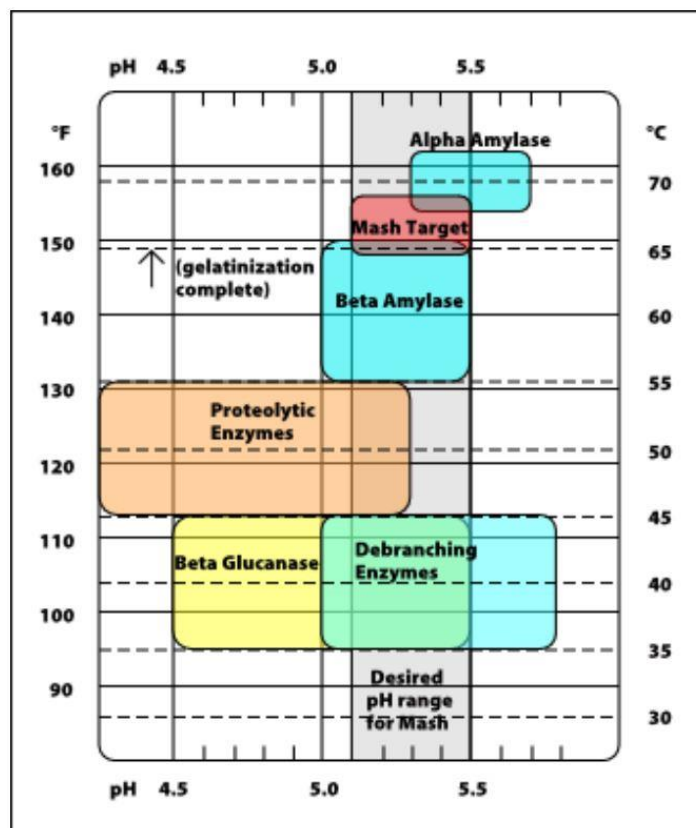
De acordo SILVA (2005), como citado TSCHOPE (2001) e SENAI (2004), a moagem possui várias funções, sendo elas:

- Reduzir o grão de malte uniformemente, causando o rompimento da casca e exposição do endosperma;
- Promover a desintegração total do endosperma, potencializando a atuação enzimática;
- Estabelecer uma proporção mínima de farinha com granulometria muito fina, evitando a formação de uma pasta gelatinosa.

3.4.2 Mostura (Atuação Enzimática)

Mostura é o termo cervejeiro utilizado para o processo de cozimento em água quente que hidrata a cevada, ativa as enzimas do malte e converte os amidos dos grãos em açúcares fermentáveis. Existem vários grupos enzimáticos que participam da conversão dos amidos dos grãos em açúcares. Cada um desses grupos de enzimas é favorecido por diferentes faixas de temperaturas e pH. Os amidos no mosto são cerca de 90% solúveis a 54°C e atingem o máximo solubilidade a 65°C. Tanto os grãos maltados quanto os não-maltados têm suas reservas de amido armazenadas em uma matriz proteica que impede que as enzimas sejam capazes de contatar fisicamente os amidos para conversão. O amido do grão não-maltado é mais difícil de ser alcançado, e a etapa de trituração facilita seu acesso. Depois de hidratado, o amido pode ser gelatinizado apenas por calor ou por uma combinação de calor e ação enzimática. De qualquer forma, um mosto com grande atuação enzimática é necessário para converter os amidos solúveis em fermentáveis açúcares (John Palmer, 2006, p.151). A Figura 2 e a Tabela 3 apresentam o padrão de atuação enzimática e suas condições ótimas de temperatura e pH.

Figura 2 - Faixas típicas de operação de enzimas no mosto



Fonte: Palmer, 2003.

Tabela 3 - Principais Grupos Enzimáticos e Funções

| Enzima | Faixa de Temperatura | Faixa de pH | Função |
|-------------------|----------------------|-------------|---|
| Fitase | 30 - 52°C | 5,0 - 5,5 | Reduz o pH do mosto |
| Beta Glucanase | 35 - 45°C | 4,5 - 5,5 | Quebra das fibras fermentáveis |
| Peptidase | 45 - 55°C | 4,6 - 5,3 | Produz Free Amino Nitrogen (FAN) |
| Protease | 45 - 55°C | 4,6 - 5,3 | Quebram ligações peptídicas entre os aminoácidos das proteínas. |
| β -Amilase | 55 - 65°C | 5,0 - 5,5 | Produz maltose |
| α -Amilase | 67 - 72°C | 5,3 - 5,7 | Produz uma variedade de açúcares, incluindo maltose |

Fonte: Palmer, 2003.

3.4.3 Filtração, fervura e tratamento do Mosto

Segundo, SILVA (2005), após a hidrólise do amido, o bagaço é retirado. Este, é resultado da aglutinação da casca com resíduos do processo. Esta etapa pode ser realizada por deposição natural, empregando equipamentos como fundo falso ou peneira. Com o auxílio deste equipamento, o líquido circula através das cascas do malte. O último passo da filtração é a lavagem das cascas de malte com água na temperatura de cozimento do mosto e o retorno da mesma água de lavagem para o mosto (apud RUSSEL e STEWART, 1995; MARTINS, 1991).

O mosto obtido a partir da filtração deve seguir direto para a fervura. As funções da etapa de fervura são: esterilização do mosto filtrado, inativação das enzimas estimuladas durante a mostura, coagulação do material sólido inerte, isomerização dos compostos presentes no lúpulo e evaporação quantidade sobressalente de água do processo. Além disso, promove a volatilização de substâncias aromáticas indesejáveis na cerveja (SILVA apud TSCHOPE 2001).

Lúpulo pode ser adicionado em qualquer momento da fervura (ebulição), sendo que o amargor irá aumentar diretamente com o tempo de exposição dos ácidos com a alta temperatura. A quantidade irá variar de acordo com o perfil desejado pelo cervejeiro, e, caso fique com amargor abaixo do desejado, é possível corrigir com extrato de lúpulo após a fermentação. A fervura do mosto pode durar entre 60 e 90 minutos, a depender da concentração de açúcar desejada (SILVA apud ALMEIDA & SILVA, 2005).

A última etapa antes da fermentação é o tratamento físico do mosto. Tal tratamento se dá inicialmente pela retirada do material sólido inerte, resfriamento à temperatura de fermentação e aeração do mosto.

3.4.4 Fermentação

Segundo PALMER (2006), o primeiro passo para atingir uma boa fermentação é inocular levedura suficiente. A levedura pode crescer por meio de um starter ou pode ser coletada de fermentações anteriores. Há duas considerações iniciais necessárias para assegurar que o mosto foi preparado devidamente para suportar uma boa fermentação. A primeira é o suprimento de oxigênio via aeração. A segunda consideração é o nível de aminoácidos presentes no mosto, especificamente os referidos como Free Amino Nitrogen (FAN). A cevada maltada supre todos os FAN e os nutrientes que as leveduras precisam para crescer e se adaptar ao ambiente da fermentação. O terceiro fator para uma boa fermentação é a temperatura. As leveduras são fortemente afetadas pela temperatura. Caso a temperatura esteja muito baixa, as leveduras adormecem. Na mão inversa, o aquecimento em altas temperaturas incentivam a produção de álcool fúsel– mistura de álcoois pesados que podem ter sabores ruins como solvente – e níveis excessivos de diacetil. Por fim, também pode levar à morte das leveduras.

O processo de fermentação pode ser dividido em três fases: adaptação ou *lagtime*, primária ou atenuativa e secundária ou condicionante. Imediatamente após a inoculação, a levedura inicia o processo de adaptação as condições do mosto e inicia um período de alta propagação. No início da fase de adaptação, a levedura faz estoque de açúcares, FAN e outros nutrientes presentes no mosto. Uma vez que as paredes celulares são permeáveis, a levedura pode iniciar o metabolismo dos açúcares no mosto para se alimentar. Assim, o objetivo principal da fase de adaptação é a reprodução celular. Uma boa oxigenação do mosto encurta a fase de adaptação, e permite que as leveduras se reproduzam rapidamente para níveis que garantam uma boa fermentação. Quando o oxigênio é utilizado, a levedura alterna para o modo metabólico e a fermentação se inicia de fato. A fase de fermentação primária ou atenuativa é definida pelo momento onde a densidade da cerveja diminui entre 65 a 75% da densidade inicial. Pode durar de 2 a 6 dias para *Ales*, ou de 4 a 10 dias para *Lagers*, dependendo das condições. Nesse ponto será formada uma espuma sobre a cerveja (*krausen*). Esta, é constituída por leveduras e proteínas do

mosto. Quando a fermentação primária diminui, a maioria das leveduras que formam o *krausen* começam a decantar. Na fase secundária, a maioria dos açúcares do mosto já estão convertidos em álcool e a maioria das células de levedura estão inativas. Entretanto, a parcela da levedura que permanece ativa permite a redução lenta dos fermentáveis remanescentes, trabalhando os açúcares mais pesados, como a maltose (PALMER, 2006).

3.5 Reação de Maillard

A reação de Maillard é uma reação caracterizada pela junção do grupo carbonila dos açúcares redutores com o grupo amínico das proteínas, de peptídios ou de aminoácidos. Ela se desenrola numa série de etapas onde ocorrem combinações; rearranjos, chamados arranjos de Amadori, que são a isomerização da aldossilamina; a formação da base de Schiff; a degradação de Strecker e algumas reações intermediárias, onde, de algumas delas surgem o furfural ou o hidroximetilfurfural, este é polimerizado, originando as melanoidinas (NITZKE, 1999).

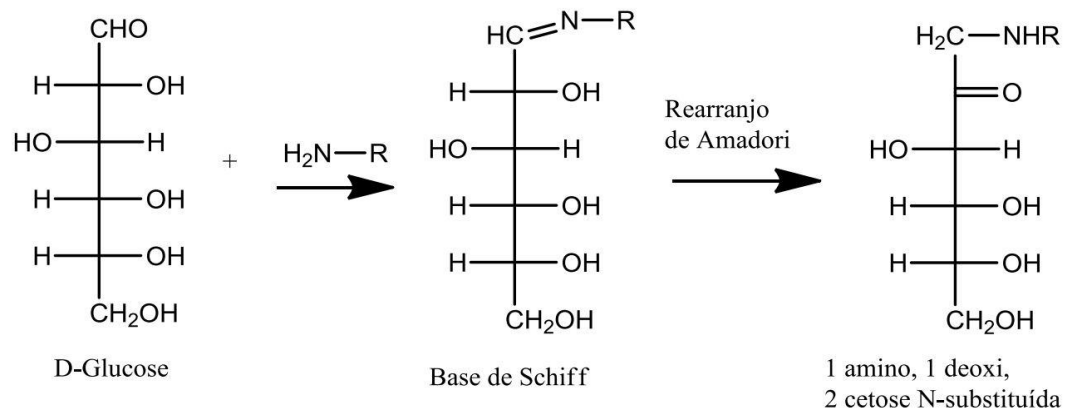
O principal mecanismo de desenvolvimento do sabor em maltes torrados é a reação de Maillard. Esta, não se trata de uma transformação singular, mas sim um agrupamento de reações químicas complexas entre ácidos e carboidratos no grão. Ao longo da reação de Maillard, são gerados dezenas de compostos com sabores diferentes. Entretanto, a reação pode agregar diferentes características dependendo da temperatura, tempo e se a torra será a seco ou com presença de água (JOHNSON, 2013).

Majoritariamente, são obtidas as melanoidinas como produto da torrefação, que muitas vezes resultam em diferentes graus de aromas e sabores. Apesar de não se tratar da verdadeira caramelização, tem efeitos muito similares. De forma geral, diferentes condições das variáveis do grau de pH, arranjo de aminoácidos e cadeias de açúcares, temperatura, tempo, presença de oxigênio, nível de umidade ou presença de água e outros componentes irão contribuir para diferentes resultados da reação de Maillard no grão (JOHNSON, 2013).

A sequência de reação Maillard é mostrada na Figura 1. Primeiramente, ocorre uma reação entre um aminoácido e uma molécula de açúcar redutor. O produto intermediário é uma base de Schiff. Após esta etapa, a base de Schiff sofre um rearranjo de Amadori, formando 1-amino, 1-deoxi, 2-cetose, N-substituída (cetoseamina). Este último composto é crucial para o escurecimento. A molécula em

questão está suscetível a reagir de diversas maneiras. Na maioria das vezes, essas reações implicam em grandes moléculas, altamente coloridas chamadas melanoidinas, que são responsáveis pelo escurecimento característico desta reação (MUXEL, 2016, p.2).

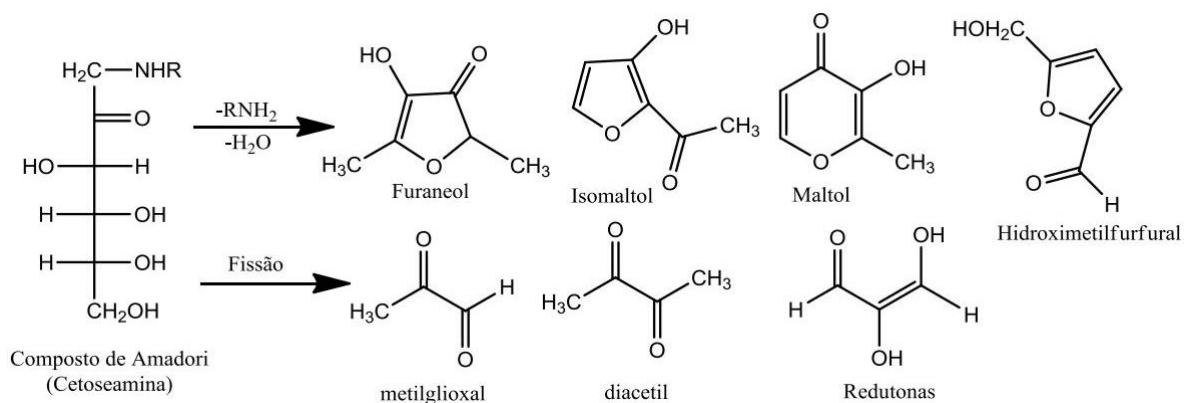
Figura 3 - Esquema da primeira etapa da reação de Maillard entre um açúcar redutor e uma amina resultando em uma cetoseamina



Fonte: Muxel, 2016.

A cetoseamina reage de forma independente a fim de formar moléculas menores com enorme potencial aromático. O melhor exemplo é o furaneol (4-hidroxi-2,5-dimetil-3-furano, conhecido como DMHF) e o maltol. A Figura 2 mostra os compostos aromáticos que podem ser formados a partir da cetoseamina. Ambos compostos agregam aromas amendoados, tostados ou maltados. Também existem as redutonas, igualmente formadas, que constituem o grupamento mais reativo resultante da reação de Maillard. Possuem aroma caramelado e alto poder redutor, sendo esse composto o responsável pelo escurecimento na forma de hidrorredutona ou escurecimento oxidativo (MUXEL, 2016, p.2).

Figura 4 - Os compostos resultantes formados por moléculas menores e extremamente aromáticos, tais como furanos e diacetil



Fonte: Muxel, 2016.

3.6 Análise Sensorial

A análise sensorial é realizada em função das respostas transmitidas pelos indivíduos às várias sensações que se originam de reações fisiológicas e são resultantes de certos estímulos, gerando a interpretação das propriedades intrínsecas aos produtos. Para isto é preciso que haja entre as partes, indivíduos e produtos, contato e interação. Os testes sensoriais discriminativos ou de diferença são considerados métodos objetivos utilizados em análise sensorial de alimentos, bebidas e água, com os efeitos das opiniões dos indivíduos minimizados. Medem atributos específicos pela discriminação simples, indicando por comparações, se existem ou não diferenças estatísticas entre amostras. Já nos testes sensoriais afetivos, o julgador expressa seu estado emocional ou reação afetiva ao escolher um produto pelo outro. É a forma usual de se medir a opinião de um grande número de consumidores com respeito as suas preferências, gostos e opiniões. Os julgadores não precisam ser treinados, bastando ser consumidores frequentes do produto em avaliação (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

A qualidade do produto cervejeiro é, em um sentido amplo, a soma de todas as características que possibilitam atender às necessidades do mercado, isto é, atrair e satisfazer os consumidores do produto (SILVA, 2005).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

4.1.1 Malte *pilsen*

Foi utilizado o malte *pilsen* da marca Gourmet Marz como base para criação dos maltes tostados. Segundo a empresa, sua coloração pós-fermentação varia de 4 a 6 EBC, como mostra a Figura 5.

Figura 4 - Malte *pilsen* da Gourmet Marz



Fonte: Autor, 2023.

4.1.2 Torrefador de grãos - Air Fryer

O forno de torrefação foi adaptado para uma Air Fryer do modelo Philco Gourmet Black 1500W de 4 litros, mostrada na Figura 6, por possuir mecanismo de funcionamento análogo ao torrador de grãos utilizado na indústria.

Segundo BOM GOURMET (2022), uma Air Fryer é nada mais que um forno de convecção que cozinha os alimentos com ar quente. Desta forma, o alimento é cozido utilizando sua própria umidade.

4.1.3 Equipamentos para produção de cerveja

Para produção da cerveja sob o aspecto mais ideal possível, foi utilizado um moedor de disco manual de ferro para triturar os grãos, um termostato DM-W3001 da Diy More de 220V e 1500W com a acurácia de 0,1°C e faixa de operação de -50°C a 110°C para controlar a temperatura de cozimento dos grãos e uma

resistência elétrica Western de 220V com potência de 1000W para aquecer a água do cozimento.

4.2 Métodos

4.2.1 Torrefação do malte

A fim de avaliar a influência do nível de torrefação, o malte *pilsen* foi tostado em dois níveis diferentes para que fosse possível alcançar perfis independentes no produto final.

O primeiro perfil foi o de malte *Amber* com cor do mosto variando entre 60 a 85 EBC e poder diastático de até 15% (AGRÁRIA MALTE, 2018). O malte *Amber* traz um sabor de noz, perfil maltado e levemente tostado. Foi necessário tostar o malte base por 30 minutos a 175°C (JOHNSON, 2013).

Já o segundo perfil, se referiu ao Malte Carafa® Tipo III da *Weyermann*®. Este malte traz uma cor do mosto entre 1300 a 1500 EBC e poder diastático de no máximo 5%. Seu perfil promove uma cerveja suavemente torrada, porém perceptível no retrogosto. No sabor predominam as notas de café, cacau, chocolate amargo e um intenso torrado (AGRÁRIA MALTE, 2018). Foram necessários 30 minutos a 190°C para alcançar o nível de tosta desejado (JOHNSON, 2013).

4.2.2 Produção da cerveja

As cervejas foram executadas em três bateladas em paralelo:

- Cerveja 1 - somente com o malte *pilsen* (base);
- Cerveja 2 - composta por 25% de malte tostado (*Amber*) e 75% malte *pilsen* (base);
- Cerveja 3 - composta por 25% de malte tostado (Malte Carafa Tipo III) e 75% malte *pilsen* (base).

A formulação referência para a elaboração das cervejas foi do estilo Cream Ale por seu perfil neutro, tornando ainda mais perceptível a diferença entre o malte base sozinho e a mistura de maltes. De acordo com o BJCP - BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM, este estilo necessita de uma densidade pré-fermentação entre 1.042 e 1.055, densidade pós-fermentação de 1.006 a 1.012 com um teor alcoólico entre 4,2% a 5,6%.

Durante a produção, todas as cervejas passaram por uma rampa única de mostura a 65°C por 60 minutos, seguida por uma fervura de mais 60 minutos, com adição do lúpulo aos últimos 15 minutos de fervura. A fermentação foi conduzida a 18°C por 8 dias e a levedura utilizada foi a Safale US-05, como mostra a Figura 11. Para a identificação da densidade pré-fermentação foi utilizado um refratômetro ATC calibrado a 20°C com Brix de 0-30% e densidade de 1,0-1,13 g/cm³. As cervejas foram envasadas em garrafas PET na cor âmbar juntamente com uma solução de 8g/L para promover a carbonatação (gaseificação por difusão de CO₂ no meio líquido). O lúpulo utilizado foi o *Columbus* da BarthHaas, apresentado na Figura 12. A Tabela 4 apresenta a formulação adotada para a produção das cervejas.

Tabela 4 - Formulação das cervejas a serem fabricadas

| INGREDIENTES | | |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Cerveja 1 | Cerveja 2 | Cerveja 3 |
| 2kg de Malte <i>pilsen</i> | 0,5kg Malte Tostado (<i>Amber</i>) | 0,5kg Malte Tostado (Carafa Tipo III) |
| 10g Lúpulo <i>Columbus</i> | 1,5kg de Malte <i>pilsen</i> | 1,5kg de Malte <i>pilsen</i> |
| 1 pacote Levedura US-05 | 10g Lúpulo <i>Columbus</i> | 10g Lúpulo <i>Columbus</i> |
| 15L de água mineral | 1 pacote Levedura US-05 | 1 pacote Levedura US-05 |
| | 15L de água mineral | 15L de água mineral |

Fonte: Autor, 2023.

4.2.3 Análise da Massa de Etanol

A fim de estabelecer as densidades iniciais, foi utilizado o Refratômetro ATC calibrado a 20°C com Brix de 0-30% e densidade de 1.000 – 1.130.

Para determinar a concentração final de etanol na cerveja, foi utilizado o método espectrofotométrico. Utiliza a reação com dicromato de potássio para oxidar o etanol, produzindo mudança de coloração na solução e permitindo o monitoramento por fotometria (SILVA, 2015). É proposto um método simultâneo para a determinação de etanol e glicerol, baseado no acoplamento de pervaporação-química e derivatização-fotométrica para o etanol e derivatização-fluorimétrica para o glicerol. Após a separação por pervaporação, o etanol é coletado em um fluxo acceptor de $K_2Cr_2O_7$ e o Cr^{+3} formado é levado ao espectrofotômetro e monitorado em 600nm(MATAIX, 2000).

Primeiramente, foi utilizado um sistema de destilação simples, onde foram adicionadas amostras de 10mL de cada cerveja. Depois disso, destilou-se cada amostra por 4 minutos, recolhendo-as em balões de 100mL e completando com água destilada. Este procedimento foi executado em triplicata. O destilador utilizado foi do modelo TE-012 Microdestilador de Álcool da Tecnal.

Logo após, foi colocado 2mL do destilado diluído em um tubo de ensaio com tampa rosqueável e acrescentou-se 2mL de solução de dicromato de potássio. Depois de fechados, os tubos foram colocados em banho maria a 60°C por 30 minutos. O banho utilizado foi o FisatomMOD 555 série 771908 de 230V com 1200W de potência.

Após o banho, os tubos foram resfriados à temperatura ambiente. As leituras das amostras foram realizadas em um espectrofotômetro UVmini-1240 da Shimadzu a 600nm. A cubeta adotada foi a de 1mL da Kasvi.

Para o branco foi montada uma solução com 2mL de dicromato de potássio e 2mL de água destilada. Os valores de absorbância foram interpolados e as concentrações de etanol em g/L obtidas tendo como base a tabela da Curva Padrão de Etanol definida por JOSLYN (1970), apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Curva Padrão de Etanol

| Etanol 99,5% | | | | |
|--|-------------|---------|-------------------------|-------------|
| d = 0,789g/cm³ | | | | |
| d (etanol absoluto) = 0,81 g/cm³ | | | | |
| Massa (g) | Volume (mL) | C (g/L) | C _{real} (g/L) | Absorbância |
| | | | 0,00 | 0,000 |
| 0,0561 | 50 | 1,12 | 1,09 | 0,007 |
| 0,5494 | 50 | 10,99 | 10,65 | 0,115 |
| 1,0329 | 50 | 20,66 | 20,02 | 0,191 |
| 2,0430 | 50 | 40,86 | 39,60 | 0,396 |
| 3,0653 | 50 | 61,31 | 59,42 | 0,587 |
| 4,3834 | 50 | 87,67 | 84,97 | 0,759 |
| 5,2201 | 50 | 104,40 | 101,19 | |

Fonte: JOSLYN, 1970.

4.2.4 Análise Sensorial

4.2.4.1 Método discriminativo por teste de comparação múltipla

O teste de comparação múltipla ou diferença-do-controle avalia, simultaneamente, uma ou mais amostras quanto a um atributo específico, determinando a diferença e o grau da diferença em relação a um controle. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Neste trabalho, a adoção do teste de comparação múltipla apontará o quanto as cervejas produzidas com malte torrado irão se diferenciar da cerveja controle.

Para a realização deste teste foram recrutados 15 avaliadores com conhecimentos variados sobre cerveja artesanal, de ambos os sexos e maiores de 18 (dezoito) anos de idade. Os avaliadores não possuíam nenhum tipo de alergia aos ingredientes presentes na cerveja, também não estavam gripados ou resfriados. Todos foram orientados a não comer ou fumar 30 minutos antes do teste, não utilizar perfume e não conversar ou ver o teste dos outros para que não influencie nas respostas (PAIVA, 2019). Inicialmente foi entregue a cada avaliador um questionário para coletar algumas informações pessoais, apresentado no Apêndice A.

Apresentou-se o controle, a amostra-controle codificada e duas amostras-teste codificadas. Coube ao julgador avaliar e dar valores às amostras-teste codificadas em comparação ao controle através da escala de grau de diferença. Foi comunicado a cada julgador que uma das amostras pode ser igual ao controle. A interpretação do resultado foi realizada por meio da análise de variância e teste de

comparação múltipla de médias. Como o principal interesse foi comparar a amostra-teste com a amostra-controle, o teste que mais se adequou para o experimento foi o de Dunnett bilateral (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O atributo aqui definido foi o de sabor, uma vez que esse teste é indicado principalmente para avaliar somente um atributo sensorial. Além disso, por conta do conhecimento variado entre os avaliadores, o atributo de sabor foi o que menos exigiu conhecimento técnico sobre o assunto.

Cada avaliador recebeu 3 amostras-teste codificadas com A, B ou C e uma amostra padrão, dispostas em copos descartáveis transparentes contendo 30mL de cerveja. As amostras foram apresentadas de forma simultânea. Ou seja, mais de uma amostra por vez. Todas se encontravam a 8°C, e foram mantidas sob refrigeração durante 24 horas. O provador deveria avaliar e dar valores às amostras-teste, comparando-as ao padrão, através da escala numérica de grau de diferença, como manda a ficha do Apêndice B (PAIVA, 2019).

Tanto a amostra A com o controle tinham a mesma composição: somente malte *pilsen* – Cerveja 1. A amostra B foi constituída pela Cerveja 2, e a amostra C pela Cerveja 3.

Através da análise de variância (ANOVA) e teste de comparação múltipla de médias, conforme Tabela 6e Tabela 7, respectivamente, pode-se interpretar os dados (PAIVA, 2019).

Tabela 6 - Análise de Variância (ANOVA)

| FV | GL | SQ | QM | Fc |
|-----------------|-----------------------------|--------------|------------------------|----------------------|
| Amostra | (n - 1) | SQ_{am} | $SQ_{(am)/(n-1)}$ | QM_{am}/QM_{res} |
| Julgador | (p - 1) | SQ_{julg} | $SQ_{(julg)/(p-1)}$ | QM_{julg}/QM_{res} |
| Resíduos | (N - 1) - (n - 1) - (p - 1) | SQ_{Res} | $SQ_{(res)/(N-n-p-1)}$ | - |
| Total | (N - 1) | SQ_{total} | - | - |

Fonte: INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2008.

Sabendo que FV é a fonte de variação, GL o grau de liberdade, Fc o valor calculado, N o número de observações, n o número de amostras, p o número de avaliadores, SQ a soma dos quadrados, QM o quadrado médio e Fc o valor crítico calculado.

Tabela 7 - Valores de F_0 para o nível de erro $\alpha = 5\%$, segundo número de graus de liberdade de n_1 e n_2

| n_2 | n_1 | | | | | | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 5 | 6,61 | 5,79 | 5,41 | 5,19 | 5,05 | 4,95 | 4,88 | 4,82 | 4,77 | 4,74 | 4,70 |
| 6 | 5,99 | 5,14 | 4,76 | 4,53 | 4,39 | 4,28 | 4,21 | 4,15 | 4,10 | 4,06 | 4,03 |
| 7 | 5,59 | 4,74 | 4,35 | 4,12 | 3,97 | 3,87 | 3,79 | 3,73 | 3,68 | 3,64 | 3,60 |
| 8 | 5,32 | 4,46 | 4,07 | 3,84 | 3,69 | 3,58 | 3,50 | 3,44 | 3,39 | 3,35 | 3,31 |
| 9 | 5,12 | 4,26 | 3,86 | 3,63 | 3,48 | 3,37 | 3,29 | 3,23 | 3,18 | 3,14 | 3,10 |
| 10 | 4,96 | 4,10 | 3,71 | 3,48 | 3,33 | 3,22 | 3,14 | 3,07 | 3,02 | 2,98 | 2,94 |
| 11 | 4,84 | 3,98 | 3,59 | 3,36 | 3,20 | 3,09 | 3,01 | 2,95 | 2,90 | 2,85 | 2,82 |
| 12 | 4,75 | 3,89 | 3,49 | 3,26 | 3,11 | 3,00 | 2,91 | 2,85 | 2,80 | 2,75 | 2,72 |
| 13 | 4,67 | 3,81 | 3,41 | 3,18 | 3,03 | 2,92 | 2,83 | 2,77 | 2,71 | 2,67 | 2,63 |
| 14 | 4,60 | 3,74 | 3,34 | 3,11 | 2,96 | 2,85 | 2,76 | 2,70 | 2,65 | 2,60 | 2,56 |
| 15 | 4,54 | 3,68 | 3,29 | 3,06 | 2,90 | 2,79 | 2,71 | 2,64 | 2,59 | 2,54 | 2,51 |
| 16 | 4,49 | 3,63 | 3,24 | 3,01 | 2,85 | 2,74 | 2,66 | 2,59 | 2,54 | 2,49 | 2,45 |
| 17 | 4,45 | 3,59 | 3,20 | 2,96 | 2,81 | 2,70 | 2,61 | 2,55 | 2,49 | 2,45 | 2,41 |
| 18 | 4,41 | 3,55 | 3,16 | 2,93 | 2,77 | 2,66 | 2,58 | 2,51 | 2,46 | 2,41 | 2,37 |
| 19 | 4,38 | 3,52 | 3,13 | 2,90 | 2,74 | 2,63 | 2,54 | 2,48 | 2,42 | 2,38 | 2,34 |
| 20 | 4,35 | 3,49 | 3,10 | 2,87 | 2,71 | 2,60 | 2,51 | 2,45 | 2,39 | 2,35 | 2,31 |
| 21 | 4,32 | 3,47 | 3,07 | 2,84 | 2,68 | 2,57 | 2,49 | 2,42 | 2,37 | 2,32 | 2,28 |
| 22 | 4,30 | 3,44 | 3,05 | 2,82 | 2,66 | 2,55 | 2,46 | 2,40 | 2,34 | 2,30 | 2,26 |
| 23 | 4,28 | 3,42 | 3,03 | 2,80 | 2,64 | 2,53 | 2,44 | 2,37 | 2,32 | 2,27 | 2,24 |
| 24 | 4,26 | 3,40 | 3,01 | 2,78 | 2,62 | 2,51 | 2,42 | 2,36 | 2,30 | 2,25 | 2,22 |
| 25 | 4,24 | 3,39 | 2,99 | 2,76 | 2,60 | 2,49 | 2,40 | 2,34 | 2,28 | 2,24 | 2,20 |
| 26 | 4,23 | 3,37 | 2,98 | 2,74 | 2,59 | 2,47 | 2,39 | 2,32 | 2,27 | 2,22 | 2,18 |
| 27 | 4,21 | 3,35 | 2,96 | 2,73 | 2,57 | 2,46 | 2,37 | 2,31 | 2,25 | 2,20 | 2,16 |
| 28 | 4,20 | 3,34 | 2,95 | 2,71 | 2,56 | 2,45 | 2,36 | 2,29 | 2,24 | 2,19 | 2,15 |
| 29 | 4,18 | 3,33 | 2,93 | 2,70 | 2,55 | 2,43 | 2,35 | 2,28 | 2,22 | 2,18 | 2,14 |
| 30 | 4,17 | 3,32 | 2,92 | 2,69 | 2,53 | 2,42 | 2,33 | 2,27 | 2,21 | 2,16 | 2,12 |
| 40 | 4,08 | 3,23 | 2,84 | 2,61 | 2,45 | 2,34 | 2,25 | 2,18 | 2,12 | 2,08 | 2,04 |
| 60 | 4,00 | 3,15 | 2,76 | 2,53 | 2,37 | 2,25 | 2,17 | 2,10 | 2,04 | 1,99 | 1,95 |
| 120 | 3,92 | 3,07 | 2,68 | 2,45 | 2,29 | 2,17 | 2,09 | 2,02 | 1,96 | 1,91 | 1,86 |

Fonte: INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2008.

As Equações 1 a 6 logo abaixo determinam a forma correta de calcular os termos da análise de variância.

$$1. FC = \frac{\Sigma_{total}^2_{am}}{N}$$

$$2. N = n \cdot p$$

$$3. SQ_{am} = \{\Sigma_{am}A^2 + \Sigma_{am}B^2 + \frac{(\Sigma_{am}C^2)}{p}\} - FC$$

$$4. SQ_{julg} = \{\Sigma_{julg}1^2 + \Sigma_{julg}2^2 + \frac{(\Sigma_{julg}3^2)}{n}\} - FC$$

$$5. SQ_{total} = \Sigma(\text{cada valor atribuído às amostras pelos julgadores})^2 - FC$$

$$6. SQ_{res} = SQ_{total} - (SQ_{am} + SQ_{julg})$$

Nos quais, n_1 são os graus de liberdade da amostra e n_2 os graus de liberdade do resíduo. Ambos correspondem aos GL calculados anteriormente a partir das equações que aparecem na tabela 4. Comparando o valor de $F_{c_{am}}$ e F_o (valor observado de estatística "F" de Snedecor), pode-se identificar se existe diferença significativa entre as amostras, com nível de significância de 5%.

O método de identificação utilizado para determinar qual amostra-teste difere da amostra-padrão, é utilizada a diferença mínima significativa (DMS) pelo teste de Dunnett, como mostra a Equação 7.

$$7. DMS = d \cdot \frac{\sqrt{2QM_{res}}}{n}$$

De acordo com a literatura, d é o valor crítico para o teste uni ou bilateral de Dunnett. Como os avaliadores não sabem se existem diferenças entre as amostras, o teste a ser considerado foi o bilateral. A letra P corresponde ao número de amostras excluindo-se a amostra padrão e n_1 , para este teste, corresponde ao grau de liberdade do resíduo. Para as amostras-teste que apresentam diferença maior ou igual ao valor da DMS - diferença mínima significativa em relação ao padrão, são consideradas significativamente diferentes da amostra padrão, com nível de significância de 5%. Os valores de P e n_1 estão representados na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores de d para teste de Dunnett, bilateral, nível de erro $\alpha = 5\%$, segundo o número de tratamentos P excluindo o controle, e o número de graus de liberdade do resíduo n1

| <i>n</i> ¹ | P | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 5 | 2,57 | 3,03 | 3,29 | 3,48 | 3,62 | 3,73 | 3,82 | 3,90 | 3,97 |
| 6 | 2,45 | 2,86 | 3,10 | 3,26 | 3,39 | 3,49 | 3,57 | 3,64 | 3,71 |
| 7 | 2,36 | 2,75 | 2,97 | 3,12 | 3,24 | 3,33 | 3,41 | 3,47 | 3,53 |
| 8 | 2,31 | 2,67 | 2,88 | 3,02 | 3,13 | 3,22 | 3,29 | 3,35 | 3,41 |
| 9 | 2,26 | 2,61 | 2,81 | 2,95 | 3,05 | 3,14 | 3,20 | 3,26 | 3,32 |
| 10 | 2,23 | 2,57 | 2,76 | 2,89 | 2,99 | 3,07 | 3,14 | 3,19 | 3,24 |
| 11 | 2,20 | 2,53 | 2,72 | 2,84 | 2,94 | 3,02 | 3,08 | 3,14 | 3,19 |
| 12 | 2,18 | 2,50 | 2,68 | 2,81 | 2,90 | 2,98 | 3,04 | 3,09 | 3,14 |
| 13 | 2,16 | 2,48 | 2,65 | 2,78 | 2,87 | 2,94 | 3,00 | 3,06 | 3,10 |
| 14 | 2,14 | 2,46 | 2,63 | 2,75 | 2,84 | 2,91 | 2,97 | 3,02 | 3,07 |
| 15 | 2,13 | 2,44 | 2,61 | 2,73 | 2,82 | 2,89 | 2,95 | 3,00 | 3,04 |
| 16 | 2,12 | 2,42 | 2,59 | 2,71 | 2,80 | 2,87 | 2,92 | 2,97 | 3,02 |
| 17 | 2,11 | 2,41 | 2,58 | 2,69 | 2,78 | 2,85 | 2,90 | 2,95 | 3,00 |
| 18 | 2,10 | 2,40 | 2,56 | 2,68 | 2,76 | 2,83 | 2,89 | 2,94 | 2,98 |
| 19 | 2,09 | 2,39 | 2,55 | 2,66 | 2,75 | 2,81 | 2,87 | 2,92 | 2,96 |
| 20 | 2,09 | 2,38 | 2,54 | 2,65 | 2,73 | 2,80 | 2,86 | 2,90 | 2,95 |
| 24 | 2,06 | 2,35 | 2,51 | 2,61 | 2,70 | 2,76 | 2,81 | 2,86 | 2,90 |
| 30 | 2,04 | 2,32 | 2,47 | 2,58 | 2,66 | 2,72 | 2,77 | 2,82 | 2,86 |
| 40 | 2,02 | 2,29 | 2,44 | 2,54 | 2,62 | 2,68 | 2,73 | 2,77 | 2,81 |
| 60 | 2,00 | 2,27 | 2,41 | 2,51 | 2,58 | 2,64 | 2,69 | 2,73 | 2,77 |
| 120 | 1,98 | 2,24 | 2,38 | 2,47 | 2,55 | 2,60 | 2,65 | 2,69 | 2,73 |

Fonte: INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2008.

5. RESULTADOS

5.1 Torrefação do malte *pilsen*

A batelada produzida com malte *Amber* apresentou coloração levemente cobre e aroma maltado e suavemente amendoado. Já o malte Carrafa Tipo III possui grau alto de torra, apresentando cor escura e aroma chocolate e café. A cerveja produzida somente com malte *pilsen* apresentou cor dourada, com aroma e sabor neutros, característicos das cervejas que não utilizam maltes especiais. A Figura 19 mostra a condição final dos maltes torrados.

Figura 5 - Maltes Obtidos ao final da torrefação



Fonte: Autor, 2023.

5.2 Produção das cervejas

A Cerveja 1, à esquerda da Figura 20, apresentou cor dourada, com aroma e sabor neutros, representando o perfil das cervejas que não utilizam maltes especiais, sejam tostados ou caramelizados. A Cerveja 2, localizada ao centro, apresentou perfil de cor ligeiramente diferente da Cerveja 1, com uma cor dourada e ligeiramente acobreada. Entretanto, em questão de sabor é possível observar notas maltadas, ligeiramente amendoado. Por fim, a Cerveja 3, localizada à direita, apresenta uma cor realmente escura com sabor tostado, levando notas de chocolate e café.

Figura 6 - Cervejas obtidas ao final do processo

Fonte: Autor, 2023.

5.3 Análise da Densidade Inicial em Função da Quantidade de Açúcar

As cervejas produzidas tiveram as densidades iniciais apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 9 - Densidades das cervejas produzidas

| Cerveja | Densidade inicial |
|-----------|-------------------|
| Cerveja 1 | 1,041 |
| Cerveja 2 | 1,043 |
| Cerveja 3 | 1,046 |

Fonte: Autor, 2023.

De acordo com os procedimentos descritos na seção 4.2.3, foram obtidas as concentrações finais de etanol. O Quadro 1 apresenta os valores obtidos para cada tipo de cerveja produzida.

Quadro 1 - Massa de etanol, concentração teórica e concentração real de etanol nas cervejas produzidas

| Cerveja 3 | | |
|-----------|--------------|-------------|
| Massa (g) | C real (g/L) | Absorbância |
| 0,7890 | 15,377 | 0,153 |
| Cerveja 2 | | |
| Massa (g) | C real (g/L) | Absorbância |
| 0,9205 | 17,843 | 0,173 |
| Cerveja 1 | | |
| Massa (g) | C real (g/L) | Absorbância |
| 1,0261 | 19,890 | 0,192 |

Fonte: Autor, 2023.

É possível observar que a Cerveja 3 apresentou uma concentração de etanol em g/L menor que as demais. Isso se deve ao fato de que o malte torrado tende a fornecer açúcares não-fermentescíveis ao mosto. Assim, o produto final apresenta um menor teor alcoólico, maior densidade final e maior concentração de sólidos no produto final.

5.4 Análise Sensorial

Para corroborar com a fundamentação teórica exposta na seção 4.2.4, foram realizados os testes de comparação múltipla entre três cervejas artesanais diferentes. O Quadro 2 apresenta o perfil dos avaliadores que participaram da análise dos testes, a partir do questionário presente no Apêndice A, respondido antes de realizar a análise sensorial.

Como é possível observar, o grupo de avaliadores foi composto majoritariamente por membros do sexo masculino (67%), na faixa etária entre 18 e 25 (53%), possuindo curso superior incompleto (67%), com frequência de consumo, tanto de bebidas alcólicas em geral quanto de cerveja, de uma vez no mês (60%). A esmagadora maioria não tem contato com o processo de produção de cerveja (80%). Por fim, nenhum dos avaliadores tem alergia a alimentos ou bebidas e entre as comorbidades apenas um participante afirmou ser hipertenso (7%).

Quadro 2 - Perfil dos avaliadores

| Perfil do Avaliadores | | (%) |
|---|---|-----|
| Sexo | Feminino | 33 |
| | Masculino | 67 |
| Idade | Até 18 anos | 0 |
| | 18 a 25 anos | 53 |
| | 26 a 35 anos | 20 |
| | 36 a 45 anos | 20 |
| | 46 a 50 anos | 0 |
| | mais de 50 anos | 7 |
| Grau de Escolaridade | Fundamental Incompleto | 0 |
| | Fundamental Completo | 0 |
| | Médio Incompleto | 27 |
| | Médio Completo | 7 |
| | Superior Incompleto | 67 |
| | Superior Completo | 0 |
| Frequência de consumo de bebidas alcoólicas | 1 vez por mês | 60 |
| | 1 a 3 vezes no mês | 40 |
| | 1 vez na semana | 0 |
| | mais de 1 vez na semana | 0 |
| Frequência no consumo de cerveja | 1 vez por mês | 60 |
| | 1 a 3 vezes no mês | 40 |
| | 1 vez na semana | 0 |
| | mais de 1 vez na semana | 0 |
| Conhecimento ou contato com a produção de cerveja | Sim | 20 |
| | Não | 80 |
| Alérgico a algum tipo de bebida | Sim | 0 |
| | Não | 100 |
| Comorbidades | Diabetes | 0 |
| | Hipertensão | 7 |
| | Hipoglicemia | 0 |
| | Complicações bucais ou uso de dentadura | 0 |

Fonte: Autor, 2023.

5.4.1 Método Discriminativo

As respostas determinadas a partir do teste de comparação múltipla estão dispostas na Quadro 3. Todas as respostas foram avaliadas através da análise de variância (ANOVA), conforme determinado anteriormente. Os resultados dos cálculos obtidos a partir das Equações de 1 a 6 estão representados no Quadro 4.

Quadro 3 - Notas para o teste de comparação múltipla

| Avaliador | Amostra 1 | (Amostra 1) ² | Amostra 2 | (Amostra 2) ² | Amostra 3 | (Amostra 3) ² | Σav | (Σav) ² |
|--------------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------|-------|--------------------|
| 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 3 | 9 | 6 | 36 |
| 2 | 3 | 9 | 1 | 1 | 5 | 25 | 9 | 81 |
| 3 | 2 | 4 | 2 | 4 | 5 | 25 | 9 | 81 |
| 4 | 1 | 1 | 3 | 9 | 5 | 25 | 9 | 81 |
| 5 | 3 | 9 | 3 | 9 | 5 | 25 | 11 | 121 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 25 | 7 | 49 |
| 7 | 3 | 9 | 4 | 16 | 4 | 16 | 11 | 121 |
| 8 | 1 | 1 | 3 | 9 | 4 | 16 | 8 | 64 |
| 9 | 2 | 4 | 3 | 9 | 4 | 16 | 9 | 81 |
| 10 | 1 | 1 | 2 | 4 | 3 | 9 | 6 | 36 |
| 11 | 2 | 4 | 3 | 9 | 3 | 9 | 8 | 64 |
| 12 | 3 | 9 | 2 | 4 | 5 | 25 | 10 | 100 |
| 13 | 3 | 9 | 4 | 16 | 5 | 25 | 12 | 144 |
| 14 | 2 | 4 | 3 | 9 | 4 | 16 | 9 | 81 |
| 15 | 1 | 1 | 2 | 4 | 3 | 9 | 6 | 36 |
| Σam | 30 | 70 | 37 | 105 | 63 | 275 | 130 | 1176 |
| (Σam) ² | 900 | | 1369 | | 3969 | | 16900 | |
| (Média)am | 2 | | 2,4666667 | | 4,2 | | | |

Fonte: Autor, 2023.

Quadro 4 - Análise de variância aplicada aos resultados obtidos no teste de comparação

| FV | GL | SQ | QM | Fc |
|----------|----|----------|----------|----------|
| Amostra | 2 | 40,31111 | 20,15556 | 18,72861 |
| Julgador | 14 | 16,44444 | 1,174603 | 1,091445 |
| Resíduo | 28 | 30,13333 | 1,07619 | - |
| Total | 44 | 86,88889 | - | - |

Fonte: Autor, 2023

Quando obtidos os graus de liberdade da amostra e do resíduo, é possível identificar o valor crítico F_0 na Tabela 5, com nível de significância de 5%. Logo, $F_{0,3,34}$. Uma vez que $F_{c_{am}}$ (18,72) é maior que F_0 (3,34), é possível afirmar que existe uma diferença entre as amostras comparadas. A fim de identificar qual amostra-teste se diferencia da amostra-padrão, é feito o cálculo da diferença mínima significativa (DMS), como manda a equação 7. O fator de valor crítico bilateral de Dunnett(d) é obtido através da Tabela 6. Para determinar o valor crítico d referente

ao aos graus de liberdade do resíduo, como definido pelo Quadro 5, foi necessário fazer uma interpolação, cujo valor definido foi de 2,48 para d . Já para o DMS - diferença mínima significativa calculado, foi obtido um valor de 2,19.

Com os valores das médias das amostras e o valor de DMS - diferença mínima significativa, é possível comparar as amostras e determinar se existe alguma diferença entre estas. Para tanto, basta obter o módulo da diferença das amostras e depois averiguar se essa diferença é menor que o valor de DMS - diferença mínima significativa, e se o valor das médias é inferior ao valor crítico d obtido.

$$|Amostra_1 - Amostra_2| = |2 - 2,47| = 0,47$$

$$|Amostra_1 - Amostra_3| = |2 - 4,2| = 2,2$$

$$|Amostra_2 - Amostra_3| = |2,47 - 4,2| = 1,73$$

Analisando os valores obtidos, somente a Amostra 3 apresentou uma diferença em módulo maior que o valor de DMS - diferença mínima significativa (2,19) e uma média (4,2) maior que o valor crítico d (2,48). Logo, é possível inferir qual amostra difere das outras, como mostra o Quadro 5.

Quadro 5 - Média das notas das amostras

| Amostras | Média |
|-----------|-------------------|
| Amostra 3 | 2,2 ^a |
| Amostra 2 | 1,73 ^b |
| Amostra 1 | 0,47 ^b |

Fonte: Autor, 2023.

Como apontado no quadro acima, apenas a Amostra 3 apresenta características diferentes do controle, em nível de significância de 5%. Já as outras duas amostras não apresentaram diferença significativa em relação ao controle.

6. CONCLUSÃO

De acordo com o que foi levantado e constatado anteriormente, pode-se afirmar que é possível produzir malte torrado a partir do malte *pilsen* comercial, e não somente a partir do malte verde como nas maltarias. É importante frisar que mesmo pequenas mudanças de operação, podem desenvolver perfis de maltes completamente diferentes.

Do ponto de vista da produção de álcool, as cervejas produzidas com os maltes torrados apresentaram um teor alcoólico menor. É possível perceber que da Cerveja 1 para a Cerveja 3 o a concentração de etanol decresce. Isto aconteceu pois o alto grau de torrefação do grão diminui abruptamente seu poder diastático. A literatura sustenta exatamente este comportamento, uma vez que a reserva de açúcares fermentáveis diminui conforme o grau de torrefação aumenta. As Cervejas 1 e 3 se comportaram conforme esperado. A única ressalva foi a Cerveja 2, que não correspondeu à cor de cobre intenso esperada. Através da análise sensorial comparativa, observou-se que somente a Cerveja 3 apresentou uma diferença relevante no sabor, pois os avaliadores não apontaram diferenças significativas entre as Cervejas 1 e 2 em nível de significância de 5%.

7. REFERÊNCIAS

AGRÁRIA MALTE. Carafa® Tipo III. [S. l.], 2018. Disponível em: <<https://www.agraria.com.br/malte/produtos/2/maltes-importados/2/weyer mann%C2%AE/38/carafa%C2%AE-tipo-iii>>. Acesso em: 1 fev. 2023.

AGRÁRIA MALTE. Malte Amber - Torrado Claro. [S. l.], 2018. Disponível em: <<https://www.agraria.com.br/malte/produtos/2/maltes-importados/3/crisp/184/malte-amber-torrado-claro>>. Acesso em: 1 fev. 2023.

BeerJudgeCertificationProgram. BJCPStyleGuidelines. Disponível em: <<https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/>>. Acesso em: 08 out. de 2022.

Cerveja atinge nível histórico de consumo no Brasil, aponta estudo da Kantar. ABRAS – Associação Brasileira de Supermercados, 2022. Disponível em: <<https://www.abras.com.br/clipping/bebidas/111169/cerveja-atinge-nivel-historico-de-consumo-no-brasil-aponta-estudo-da-kantar>>. Acesso em: 07 out. 2022.

DANIELS, Ray. Designing Great Beers: The Ultimate Guide to Brewing Classic Beer Styles. 1ª ed., Brewers Publications: 1998.

FEITOSA, Taynã. O que são escolas cervejeiras? Conheça as quatro principais. [S. l.], 31 mar. 2023. Disponível em: <<https://www.agazeta.com.br/colunas/tayna-feitosa/o-que-sao-escolas-cervejeiras-conheca-as-quatro-principais-0422>>. Acesso em: 23 mar. 2023

GAZETA DO POVO. Bom Gourmet. Entenda de vez como a Air fryer funciona e tire melhor proveito desse queridinho. [S. l.]: Bom Gourmet, 2022. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/bomgourmet/tudo-sobre-air-fryer/>>. Acesso em: 1 fev. 2023.

GAZIRE, Isadora. Produção de cerveja: conheça as etapas desse processo. Consultoria Mult, 2018. Disponível em: <<https://consultoriامت.com.br/blog/etapas-da-producao-de-cerveja/>>. Acesso em: 07out. 2022.

GUITTI, Lais. ENTENDA AS PRINCIPAIS DIFERENÇAS DAS ESCOLAS CERVEJEIRAS. [S. l.], 2020. Disponível em:<<https://www.cervejariaguitts.com.br/entenda-as-principais-diferencas-das-escolas-cervejeiras/#:~:text=Elas%20t%C3%AAm%20tradi%C3%A7%C3%A3o%20e%20um,%20inglesa%20americana%20e%20belga>>. Acesso em: 23 mar. 2023.

HIERONYMUS, Stan. For the Love of Hops: The Practical Guide to Aroma, Bitterness and the Culture of Hops. [S. l.]: Brewers Publications, 2012. 326 p. ISBN 1938469011. E-book Kindle.

KUGLER, Vanessa. O uso dos maltes torrados na cerveja artesanal. [S. l.], 31 mar. 2023. Disponível em: <<https://emporiodolupulo.com.br/o-uso-dos-maltes-torrados-na-cerveja-artesanal/#:~:text=Os%20maltes%20torrados%20s%C3%A3o%20utilizados,um%20per%C3%ADodo%20de%20tempo%20determinado.>>>. Acesso em: 21 mar. 2023.

JOHNSON, Jason. Roasted: a homebrewer's guide to home roasting grains. Jason Johnson, 2013. E-book Kindle.

JOSLYN, M. A. Methods in Food Analysis. Physical, Chemical, and Instrumental Methods of Analysis. 2. ed. [S. l.]: Academic Press, 1970. 845 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Methods_in_Food_Analysis_Physical_Chemical.html?id=C7-WXwAACAAJ&redir_esc=y. Acesso em: 6 mar. 2023.

MALLETT, John J. Malt: A Practical Guide from Field to Brewhouse. 1ª ed., Brewers Publications: 2014.

MATAIX, E. Simultaneous determination of ethanol and glycerol in wines by a flow injection-pervaporation approach with in parallel photometric and fluorimetric detection. PubMed, Espanha, 6 mar. 2000. DOI

10.1016/s0039-9140(99)00297-0. Disponível em:<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18967879/>>. Acesso em: 8 mar. 2023.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO/GABINETE DA MINISTRA (Brasil). Ministra de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 10 de dezembro de 2019. Aprova o Regimento Interno do Conselho Estadual de Saúde. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO: INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 65, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2019, Goiás, p. 2-3, 10 dez. 2019. Disponível em: www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-65-de-10-de-dezembro-de-2019-232666262. Acesso em: 8 out. 2022.

MUXEL, Prof. Dr. Alfredo A..A Química da Cor da Cerveja. Disponível em:<<https://amuxel.paginas.ufsc.br/2016/10/>>. Acesso em: 07 out. 2022.

NITZKE, Julio Alberto; BIEDRZYCKI, Aline. Reação de Maillard. Como Fazer Pão, 1999. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/alimentus1/pao/fabricacao/fab_assamento_maillard.htm>. Acesso em: 07 out. 2022.

OETTERER, Marília. Escurecimento Não Enzimático. [S. l.: s. n.], 2019. 27 p. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-20191218-105419/publico/ValerioAnaClaudiaRuhnke.pdf>. Acesso em: 07 out. 2022.

O mapa da cerveja no Brasil. BeerArt – Portal da Cerveja, 2022. Disponível em: <<https://revistabeerart.com/news/cervejarias-brasil>>. Acesso em: 07 out. 2022.

PAIVA, FLÁVIO ARAÚJO POUSA. TORREFAÇÃO DE MALTES DE CEVADA PARA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL. Orientador: Prof.^a Dr.^a Ana Cláudia Chesca. 2019. 85 p. Dissertação (PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA - MESTRADO PROFISSIONAL) - UNIVERSIDADE DE UBERABA, [S. l.], 2019. Disponível em:<https://www.uniube.br/biblioteca/bancos_dissertacoes/BU000000196.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023.

PALMER, John J. HowTo Brew. 3ª ed., Brewers Publications: 2006.

SALIN, Gleison. Conheça os principais tipos de maltes de cevada usados para fazer cervej. [S. l.], 31 mar. 2023. Disponível em: <https://www.cervejaegastronomia.com.br/conheca-os-principais-tipos-de-maltes-de-cevada-usados-para-fazer-cerveja/>. Acesso em: 23 mar. 2023.

SENAI. Conheça a Cerveja. Rio de Janeiro: Setor de Documentação Bibliográfica do CENATEC de Produtos Alimentares do SENAI - DR/RJ, Vassouras, 2004. Disponível em:< <https://pdfcoffee.com/curso-tecnico-curso-tecnico-curso-tecnico-curso-tecnico-curso-tecnico-de-cervejaria-de-cervejaria-de-cervejaria-de-cervejaria-de-cervejaria-pdf-free.html>>. Acesso em: 22 fev. 2023

SILVA, Daniel Pereira da. PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CERVEJA OBTIDA A PARTIR DE MOSTOS COM ELEVADAS CONCENTRAÇÕES DE AÇÚCARES. Orientador: Dr. João Batista de Almeida e Silva. 2005. 177 p. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial) - Faculdade de Engenharia Química de Lorena, [S. l.], 2005. Disponível em:< <https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/antigas/index.php?palavra=%&campo=%22todos%22&operador=&curso=BI&tipo=&pg=2&inicio=10>>. Acesso em: 31 jan. 2023.

ZENEBON, Odair (coord.); PASCUET, NeusSadocco (coord.); TIGLEA, Paulo (coord.). MÉTODOS FÍSICO-QUÍMICOS PARA ANÁLISE DE ALIMENTOS. 4ª Edição. ed. atual. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1000 p. Disponível em:< <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>>. Acesso em: 15 fev. 2023.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE INFORMAÇÕES PESSOAIS**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

As informações aqui prestadas serão confidenciais, não sendo repassadas para pessoas que não estejam diretamente envolvidas com o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Nome:.....

Por favor, responda as perguntas a seguir:

1. Idade:

- até 18 anos 36 a 45 anos
 18 a 25 anos 46 a 50 anos
 26 a 35 anos mais de 50 anos

2. Grau de Escolaridade:

- Fundamental Incompleto Médio Completo
 Fundamental Completo Superior Incompleto
 Médio Incompleto Superior Completo

3. Qual sua frequência de consumo de bebidas alcoólicas:

- 1 vez por mês 1 vez na semana
 1 a 3 vezes no mês mais de 1 vez na semana

4. Qual sua frequência no consumo de cerveja:

- 1 vez por mês 1 vez na semana
 1 a 3 vezes no mês mais de 1 vez na semana

5. Você já teve conhecimento ou contato com a produção de cerveja?

- Sim Não

6. Você é alérgico a algum tipo de bebida?

- Sim Não

Quais?
.....

7. Indique se você possui:

- Diabetes Hipoglicemia
 Hipertensão Complicações bucais ou uso de dentadura

APÊNDICE B – TESTE DE COMPARAÇÃO MÚLTIPLA**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

Avaliador:

Você está recebendo uma amostra padrão (P) e três amostras codificadas. Compare cada uma com o controle. Expresse o valor da diferença utilizando a escala abaixo:

(1) nenhuma (2) ligeira (3) moderada (4) muita (5) extrema

Amostras:

() _____

() _____

() _____