



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA DE PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

Produção e caracterização físico-química e sensorial decerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*adansonia digitata*) como coadjuvante

Monografia apresentada e defendida como requisito para obtenção de grau de licenciatura de Engenharia de processamento de alimentos

Autora: Suzen Bento Nhamalezi

Tutor: Enoque Moiane

Lionde, Novembro 2023



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia de licenciatura sobre **Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja a base de milho e com uso frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como cadjuvante**, apresentada ao Curso de Engenharia de Processamento de Alimentos na Divisão de Agrícola do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção de grau de licenciatura em Engenharia de Processamento de Alimentos.

Monografia científica defendida e aprovada no dia 08 de Novembro de 2023 **Júri**

Supervisor Enoque Moiane
(Enoque Moiane, Eng^o)

Avaliador (1) José Sarmiento Bunga (José
Bunga, Eng^o)

Raimundo Raimundo Gamela
Avaliador (2) _____
(Raimundo Gamela, PhD)

Lionde, Novembro de 2023

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURA.....	i
ÍNDICE DE TABELA.....	i
ÍNDICE DE EQUAÇÃO.....	i
ÍNDICE DE APÊNDICE.....	i
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS	ii
DECLARAÇÃO.....	iii
DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1.0 INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problema e Justificação.....	1
1.2. Objectivos.....	2
1.2.1. Geral.....	2
1.2.2. Específicos	2
1.3. Hipóteses	2
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Historia da cerveja.....	3
2.1.1. Cerveja.....	3
2.2. Cervejas artesanais.....	4
2.3. Composição Nutricional	5
2.3.1. Gustativas.....	6
2.4. Matérias-primas utilizadas na fabricação da cerveja.....	6
2.4.1. Água.....	8
2.4.2. Malte	9
2.4.3. Lúpulo.....	9

2.4.4. Levedura	9
2.4.5. Adjuntos	9
2.5. Malambe (<i>Adansónia Digitata</i>).....	8
2.5.1. Origem e distribuição da <i>adansónia digitata</i>	11
2.5.2. Valor nutricional de Malambe	12
2.6. Processamento da cerveja	13
2.6.1. Moagem do malte	14
2.6.2. Mosturação.....	14
2.6.3. Filtração do mosto.....	14
2.6.4. Fervura do mosto	14
2.6.5. Clarificação.....	14
2.6.6. Resfriamento e aeração do mosto	15
2.6.7. Fermentação.....	15
2.6.8. Maturação	14
2.6.9. Clarificação	15
2.6.10. Envase e carbonatação	15
2.7 Compostos bioativos presentes na cerveja.....	15
2.8. Características físico-químicas	16
2.8.1. Acidez titulável	16
2.8.2. Potencial de Hidrogénio	18
2.8.3. Sólidos solúveis.....	18
2.9. Características sensoriais da cerveja.....	18
2.9.1. Características Visuais	19
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1. Descrição da área de estudo.....	20
3.1.2. Materiais	20
3.2. Métodos.....	20

3.2.1. Aquisição da matéria-prima.....	20
3.2.2. Formulações.....	20
3.2.3. Obtenção do malte de milho.....	21
3.2.4. Preparação do mosto.....	22
3.2.5. Fermentação.....	22
3.2.6. Pós-processamento ou acabamento.....	22
3.2.7. Determinação da qualidade físico-química das cervejas elaboradas.....	23
3.3. Análise sensorial.....	24
3.4. Análise Estatística.....	25
4.0 Resultados e discussão.....	26
4.1. Análises Físico-Químicas.....	26
4.1.1. Análise de pH.....	26
4.1.2. Análise de Acidez titulavel.....	27
4.1.3. Análise de sólidos solúveis totais.....	27
4.1.4. Teor alcoólico.....	28
4.2. Análise sensorial.....	29
4.2.1. Atributo Aparência.....	30
4.2.2. Atributo cor.....	30
4.2.3. Atributo Aroma.....	31
4.2.4. Atributo Avaliação Global.....	31
4.2.5. Índice de aceitação.....	32
4.2.7. Intenção de compra.....	32
5.0 Conclusão.....	34
6.0 Recomendações.....	35
7.0 Referências Bibliograficas.....	36
Apêndices.....	41

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Fruto do Malambe.	11
Figura 2: Polpa de Malambe.	11
Figura 4: Intenção de compra das cervejas	33

ÍNDICE DE TABELA

Tabela 1: Composição da polpa de malambe.	12
Tabela 2: Material necessário para realização do estudo.	20
Tabela 3: Formulações da cerveja a ser produzida.	21
Tabela 4: Resultados de análises físico-químicas de cervejas com substituição do malte de milho por malambe e da formulação padrão.	26
Tabela 5: Resultados da avaliação sensorial com os valores médios e desvio padrão das notas para os atributos sensoriais de amostras da cerveja de malambe.	29

ÍNDICE DE EQUAÇÃO

Equação 1: Determinação de acidez	23
Equação 2: Equação de determinação de índice de aceitação	25

ÍNDICE DE APÊNDICE

Apêndice 1: Seleção da Matéria Prima	42
Apêndice 2: Encharcamento	42
Apêndice 3: Germinação.....	42
Apêndice 4: Secagem.....	43
Apêndice 5: Fervura.....	43
Apêndice 6: Fermentação	43
Apêndice 7: Carbonatação	44
Apêndice 8: Produto Final	44

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

ANOVA	Análise de variância
ISPG	Instituto Superior Politécnico de Gaza
MFAA	Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos
IAL	Instituto Adolfo Lutz
N	Normalidade
pH	potencial Hidrogenio
°C	Grau celsius
%	Porcentagem
mL	mili litros



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este Protocolo de Trabalho de investigação é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, 24 de Novembro de 2023

Suzen B. Nhamalezi

(Suzen Bento Nhamalezi)

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho a minha família em especial aos meus pais Bento Nhamalezi e Maria Filimone Nhamalezi que incansavelmente me apoiaram dia-a-dia no decorrer da minha formação académica, transmitindo força que me impulsionou e estimulou a aplicar-se ainda mais com o intuito de alcançar o tão almejado nível académico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus Pais Bento Nhamalezi e Maria Filimone Nhamalezi e a todos que directa ou indirectamente fizeram parte da materialização e alcance do meu grau académico, entre familiares, amigos e docentes, em especial ao meu Tutor Enoque Moiane que me aturou dia-a-dia na idealização e elaboração do trabalho de conclusão do Curso.

RESUMO

malte de cereais e água potável. Esse processo ocorre devido à ação de leveduras, enquanto o lúpulo é adicionado para conferir características de sabor e aroma à bebida. A busca por novas tecnologias que explorem outros ingredientes, otimize a produtividade e melhorem a qualidade do produto final vem crescendo consideravelmente nos últimos anos. A produção de bebidas alcoólicas a base de frutas não é novidade no meio cervejeiro, principalmente quando se trata da produção de cervejas artesanais. Este trabalho tem como objetivo produzir cerveja a base de milho com uso de fruto do embondeiro (*Adansonia Digitata*). Foram testadas 3 formulações distintas, sendo representadas nas concentrações de F1 (16.5% de milho, 0% de malambe, 82.5% de água, 0.78% lúpulo e 0.03% de fermento); F2 (14.02% de milho, 2.5% de malambe, 82.5% de água, 0.78% lúpulo e 0.03% de fermento) e F3 (11.54% de milho, 5% de malambe, 82.5% de água, 0.78% lúpulo e 0.03% de fermento). A cerveja produzida foi caracterizada em relação ao pH pelo método potenciométrico, acidez titulável através do método titulométrico, sólidos solúveis por refratometria, teor alcoólico e atributos sensoriais através de métodos afectivos. O estudo foi realizado utilizando um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com 3 tratamentos, 3 repetições. Os resultados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) seguida por um teste de comparação de médias de Tukey, realizado a um nível de significância de 5%. Esse procedimento estatístico foi conduzido utilizando o software estatístico MINITAB 18. As cervejas produzidas apresentaram características físico-químicas diferenciadas, onde o pH variou de 2.97 ± 0.2^a a 4.0 ± 0.3^c , o teor de sólidos solúveis divergiu de 3.3 ± 0.5^a a 4.8 ± 0.7^a , o teor alcoólico com uma discrepância de 4.9 ± 0.2^c °GL a 7 ± 0.4^a °GL, e a acidez diferindo-se entre 2.83 ± 0.1^c a 6.33 ± 0.5^a %. Para os atributos sensoriais aparência, cor, textura, sabor e sabor residual não mostraram diferenças significativas em relação a aceitação de todas as formulações elaboradas, estando estes atributos situados entre as escalas de aceitação (Não gostei nem desgostei “5” e Gostei moderadamente “7”) e as formulações F2 e F3 tiveram maior índice de aceitabilidade em relação a formulação padrão. De acordo com os resultados apresentados neste trabalho, a elaboração da cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*adansonia digitata*) como coadjuvante mostrou que a cerveja elaborada nesta pesquisa é uma ótima opção para apreciadores de cervejas de frutas silvestres, que buscam inovações e diferenciais, como os utilizados na formulação da referente cerveja.

Palavras-chave: Cerveja de milho malambe, produção, qualidade físico-química e sensorial.

ABSTRACT

Beer is a beverage made by the alcoholic fermentation of brewing liquid made from malted grains and drinking water, using yeast and adding hops. The search for new technologies that explore other ingredients, optimize productivity and improve the quality of the final product has grown considerably in recent years. The production of fruit-based alcoholic beverages is nothing new in the beer industry, especially when it comes to the production of craft beers. This work aims to produce corn-based beer using baobab fruit (*Adansonia Digitata*). formulations were tested at F1 concentrations (16.5% corn, 0% malambe, 82.5% water, 0.78% hops and 0.03% yeast); F2 (14.02% corn, 2.5% malambe, 82.5% water, 0.78% hops and 0.03% yeast) and F3 (11.54% corn, 5% malambe, 82.5% water, 0.78% hops and 0.03% yeast). The beer produced was characterized in relation to pH using the potentiometric method, titratable acidity using the titrimetric method, soluble solids using refractometry, alcohol content and sensory attributes using affective methods. The study was carried out using a Completely Randomized Design (DIC), with 3 treatments, 3 replications and a total of 9 experimental units. To analyze the physicochemical and sensory results, an analysis of variance (ANOVA) and a Tukey's mean comparison test at 5% significance were performed, using the MINITAB statistical software 18. The beers produced presented physical characteristics -differentiated chemicals, where the pH varied from 2.97 ± 0.2^a to 4.0 ± 0.3^c , the soluble solids content varied from 3.3 ± 0.5^a to 4.8 ± 0.7^a , the alcoholic content varied from 4.9 ± 0.2^{oGL} to $7 \pm 0.4^{a oGL}$, and the acidity varied from 2.83 ± 0.1^c to $6.33 \pm 0.5^{a\%}$. For the sensory attributes appearance, color, texture, flavor and aftertaste, they did not show significant differences in relation to the acceptance of all formulations prepared, with these attributes being located between the acceptance scales (I neither liked nor disliked "5" and I liked moderately "7 ") and formulations F2 and F3 had a higher acceptability rate compared to the standard formulation. According to the results presented in this work, the preparation of corn beer using baobab fruit (*adansonia digitata*) as an adjuvant showed that the beer prepared in this research is a great option for lovers of wild fruit beers, who seek innovation and differences, such as those used in the formulation of the corresponding beer.

Keywords: corn beer, malambe, production, physical-chemical and sensorial quality.

1.0 INTRODUÇÃO

A cerveja é uma das bebidas mais antigas produzidas pelo ser humano, formulada a partir da fermentação de malte de cereais e actualmente é a quarta bebida mais consumida do mundo. Actual, a prática de fermentar cereais como cevada e trigo para obter pão é uma tradição que remonta aos tempos antigos. (ROSA, 2015). Vários estudos têm sido efectuados desde a descoberta da cerveja, a fim de detectar todas as reacções que ocorrem nesta bebida, mas nenhum deles consegue explicar as mesmas na sua totalidade, daí que, o seu estudo é ainda hoje baseado em conhecimentos teóricos e empíricos, acumulados ao longo dos séculos através das práticas contínuas (MILAGRES, 2019).

A produção de cerveja em Moçambique desenvolveu-se a partir da indústria de fabrico de gelo que foi introduzida por volta de 1897 na então “Província Ultramarina em Moçambique” e bem antes disso, as pessoas bebiam a cerveja tradicional produzida a partir de diversos cereais e frutas, variando o nome da bebida consoante a região do país: mowa, kambaga, massesse, chivemu, etc (BATISTA, 2021).

O mercado de cerveja em Moçambique se segmenta à medida que os consumidores buscam variedades de produtos, tornando diferentes tipos de cerveja mais acessíveis (CARLOS, 2015).

Cervejas artesanais são produzidas em pequena escala com foco na qualidade, resultando em variações que apresentam aromas e sabores distintos (CARVALHO, 2015).

Além dos ingredientes básicos, as formulações de cerveja podem incluir uma ampla variedade de adjuntos, como tubérculos, frutas e produtos de origem animal, como mel e lactose (SILVA et al., 2018).

O uso de frutas como coadjuvantes na cerveja não altera significativamente as propriedades físico-químicas, mas eleva a concentração de compostos fenólicos, o que contribui para a estabilidade do sabor e uma vida útil prolongada (VOGEL, 2017; VASCONCELOS, 2019).

Visto que o uso de frutas silvestres vem crescendo em Moçambique e os seus subprodutos estão sendo bem recebidos pelos consumidores, este trabalho tem como objectivo produzir cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*adansonia digitata*) como coadjuvante, comprovando sua qualidade através de análises sensoriais e físico-químicas.

1.1. Problema e Justificação

Malambe é uma fruta silvestre muito consumida em Moçambique, principalmente nas regiões Centro e Norte, incluindo ao norte das províncias do sul, nomeadamente Inhambane e Gaza, porém os seus derivados ainda são pouco divulgados e poucos estudos já foram realizados (VERTUANI, 2002). Na maioria dos casos, o malambe é consumido no seu estado *in natura*, ora chupando a polpa em volta da semente, produzindo gelo doce, ora preparado como refeição, principalmente no período de estiagem.

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

De acordo com WILLIAM (2002), a produção de cerveja a partir do malambe ainda constitui uma prática pouco comum nas comunidades moçambicanas que têm sido maiores consumidores desta fruta, uma vez que ainda são escassos estudos científicos sobre as características físico-químicas e sensoriais deste derivado.

É nesta vertente de ideias que se levanta a seguinte questão para a pesquisa:

- Pode o malambe ser utilizado na produção artesanal de cerveja?
- Quais são as características físico-químicas da cerveja de milho coadjuvada com malambe?

A escolha deste tema deve-se ao facto de o malambe constituir uma fruta africana usada para vários fins, tais como produção de iogurte, assim como para elucidar o uso de frutas silvestres como adjuntos cervejeiros possíveis de se utilizar na produção de cerveja artesanal e diversificar a cerveja já existente no mercado, garantindo a conquista do gosto de consumidores, que buscam bebidas que não se enquadram nos padrões comuns.

Apesar de estarem em andamento vários estudos sobre malambe levados a cabo por várias Universidades do país, ainda existem poucos estudos sobre as características físico-químicas dos seus derivados. Uma vez que a maior parte das literaturas existentes somente apresentam as características físico-químicas da polpa de malambe e do imbondeiro (*adansónia digitata*).

1.2.Objectivos

1.2.1. Geral

- Produzir e analisar a cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*adansonia digitata*) como coadjuvante.

1.2.2. Específicos

- Criar cervejas de milho com uso de frutas de embondeiro nas proporções;
- Determinar os parâmetros físico-químicos das formulações produzidas;
- Realizar análises sensoriais para avaliar a aceitação e preferência dos consumidores em relação á cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*adansónia digitata*).

1.3.Hipóteses

Ho – As diferentes formulações de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*adansonia digitata*) como cadjuvante não apresentam características físico-químicas e sensoriais aceitáveis para o consumo.

H1 – As diferentes formulações de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*adansonia digitata*) como coadjuvante apresentam características físico-químicas e sensoriais aceitáveis para o consumo.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. História da cerveja

O homem sempre soube como produzir bebidas fermentadas através do processo de malteação de grãos, desde tempos muito antigos. Cerca de 8 mil anos atrás, os sumérios e assírios desenvolveram a técnica de produção de cerveja. Subsequentemente, essa bebida se difundiu para o Egito, onde surgiram diferentes variedades, incluindo a "Cerveja dos Notáveis" e a "Cerveja de Tebas". Os egípcios compartilharam o conhecimento cervejeiro com as civilizações orientais, facilitando a disseminação da cerveja pela bacia do Mediterrâneo e, posteriormente, por toda a Europa (MILAGRES, 2019).

Na Idade Média, diversos mosteiros se dedicavam à produção de cerveja, utilizando uma variedade de ervas aromáticas como mirra, rosmarinho, louro, sálvia, gengibre e o lúpulo. O lúpulo, que ainda é utilizado na produção de cerveja até os dias atuais, foi introduzido no processo por monges do Mosteiro de San Gallo, na Suíça, entre os séculos VII e VIII. A proporção dos ingredientes (água, malte, lúpulo e leveduras) e o método de fabricação variavam, resultando em diferentes tipos de cerveja. A Suíça foi responsável por espalhar a arte de fazer cerveja pela Europa, incluindo a Escandinávia e as ilhas britânicas. No entanto, a região dos Alpes, especialmente o sul da Alemanha (Baviera), Eslováquia, República Tcheca e Áustria, tornaram-se conhecidos por seus fabricantes de cerveja famosos. Algumas cervejas fabricadas hoje ainda seguem receitas com mais de 900 anos. A cerveja tornou-se extremamente popular nessas regiões e desenvolveu fortes raízes culturais (VASCONCELOS, 2019).

2.1.1. Cerveja

A cerveja é uma bebida resultante da fermentação alcoólica do mosto de cereal maltado, frequentemente preparado com malte de cevada. O processo pode incluir a adição opcional de outros ingredientes que contenham carboidratos, como milho, arroz ou trigo. A cerveja geralmente apresenta um teor alcoólico variando entre 3% e 8%. Além disso, a cerveja é reconhecida como fonte de polifenóis, presentes tanto no malte quanto no lúpulo (GONÇALVES, 2020).

A definição da cerveja abrange três categorias distintas: "cerveja puro malte" consiste em cervejas que utilizam exclusivamente malte de cevada como fonte de açúcares; "cerveja" refere-se às cervejas que contenham 55% ou mais do extrato primitivo em peso; e aquelas que apresentam uma proporção de malte de cevada entre 25% e 55% devem ser rotuladas como "cerveja de..." seguido pelo nome do vegetal predominante (BRASIL, 2014).

Existem três tipos principais de classificação de cerveja (Ale, Lager e Lambic). As Ales passam por uma fermentação na superfície do fermentador (alta fermentação), com temperaturas ideais entre 15 e 25 °C,

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

utilizando leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* para produzir cervejas mais encorpadas, com sabores mais complexos e variados. As Lagers são cervejas cuja fermentação ocorre no fundo do fermentador (baixa fermentação), com temperaturas ideais entre 9 e 15 °C, utilizando leveduras da espécie *Saccharomyces pastorianus*. As cervejas dessa categoria apresentam aromas neutros e limpos, além de uma aparência mais clara (AQUARONE, *et al.*, 2013). As cervejas da categoria Lambic, que passam por fermentação espontânea, utilizam leveduras selvagens naturalmente presentes em seu ambiente de produção. Elas se caracterizam por apresentar sabores ligeiramente ácidos e aromas intensamente frutados (DANIELS, 2000).

De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2009), as cervejas são classificadas da seguinte forma:

2.1.1.1. Em relação ao Extrato Primitivo:

- a) Cerveja leve: extrato primitivo entre 5% e 10,5% em peso;
- b) Cerveja comum: extrato primitivo entre 10,5% e 12% em peso;
- c) Cerveja extra: extrato primitivo entre 12% e 14% em peso;
- d) Cerveja forte: extrato primitivo acima de 14% em peso.

2.1.1.2. Em relação à Cor:

- a) Cerveja clara: cor que corresponde a menos de 20 unidades EBC (Convenção Europeia de Cervejarias);
- b) Cerveja escura: cor que corresponde a 20 unidades EBC ou mais;
- c) Cerveja colorida: cor diferente da padronizada no EBC devido ao uso de corantes naturais.

2.1.1.3. Em relação ao Teor Alcoólico:

- a) Cerveja sem álcool: teor alcoólico inferior a 0,5% em volume, sem necessidade de declaração no rótulo;
- b) Cerveja com álcool: teor alcoólico igual ou superior a 0,5% em volume, com declaração obrigatória no rótulo.

2.1.1.4. Em relação à Proporção de Malte de Cevada:

- a) Cerveja puro malte: contém 100% de malte de cevada em peso sobre o extrato primitivo como fonte de açúcares;
- b) Cerveja: possui uma proporção de malte de cevada igual ou superior a 50% em peso sobre o extrato primitivo como fonte de açúcares;
- c) Cerveja com o nome do vegetal predominante: caracteriza-se por ter uma proporção de malte de cevada superior a 20% e inferior a 55% em peso sobre o extrato primitivo como fonte de açúcares.

2.2. Cervejas artesanais

O número de consumidores que procuram alimentos saudáveis está a aumentar, e essa procura também se estende às bebidas à base de frutas e extratos vegetais. Em resposta a essa procura, as microcervejeiras estão a investir cada vez mais em bebidas com características sensoriais agradáveis ao consumidor, melhorando a sua qualidade e tornando o seu consumo mais popular (BEZZI, 2009).

A cerveja artesanal, por ser produzida de forma mais elaborada e sem aditivos, é classificada como especial. Ela utiliza técnicas e receitas tradicionais que priorizam variedades de cores, aromas e sabores característicos. A cerveja weiss enquadra-se nessa classificação, pois possui um caráter fenólico e ésteres frutados, resultando em aromas de cravo e banana. Pode-se perceber um aroma leve a moderado de trigo, semelhante ao cheiro de pão. Além disso, apresenta uma coloração amarelo-palha, com um colarinho branco espesso, consistente e duradouro. É turva devido aos sedimentos de levedura, que devem ser misturados antes de beber. A textura é cremosa e suave (STRONG, *et al.*, 2008).

VOGEL (2017) produziu uma cerveja artesanal adicionando frutas como morango e mirtilo, com o objectivo de obter um produto final com maior teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

2.3. Composição Nutricional

Na Alemanha, o malte é obtido exclusivamente a partir de cevada. Entretanto, em diversos países, é permitido e, às vezes, obrigatório, o uso de substitutos parciais para o malte, como arroz e alta maltose (derivada do milho). Geralmente, esses países enfrentam escassez de cevada ou malte (DE ASSIS, 2020). A cerveja é uma bebida alcoólica que apresenta notável valor nutricional. Sua composição inclui vários componentes, tais como glicose, maltose, dextrinas, aminoácidos, proteínas, vitaminas do complexo B, dióxido de carbono (0,6%), álcool (4%), minerais diversos (como cálcio, fósforo, enxofre, etc.) e água (91%). Meio litro de cerveja possui valor nutricional comparável a 95 gramas de carne de vaca, 248 gramas de bacalhau, 15 gramas de manteiga, 51 gramas de pão, 181 gramas de leite ou um ovo médio (CARVALHO, 2015).

De acordo com BOULTON (2008), AQUARONE *et al.* (2013), a cerveja para consumo contém de 2% a 6% de extrato residual, de 2% a 6% de etanol, de 0,35% a 0,50% de dióxido de carbono e de 90% a 95% de água. Esses valores variam de acordo com o tipo de cerveja produzida, e em alguns casos, o teor alcoólico pode exceder os valores estabelecidos pelos autores deste estudo. Além disso, a cerveja é uma das bebidas alcoólicas com menor teor de etanol.

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

Diversos ácidos orgânicos são autorizados para uso em alimentos, incluindo aqueles comumente encontrados em frutas e hortaliças, como ácido cítrico, málico, tartárico e outros. Tais ácidos são presentes em diversas frutas, por exemplo, ácido cítrico em mamão e laranja, ácido málico em banana, maçã e coco, ácido tartárico em uva, e ácido pirúvico em cebola e alho (CARLOS, 2015).

A acidez desempenha um papel fundamental não apenas na determinação do grau de doçura de um produto, mas também na sua utilidade na indústria de alimentos, onde funciona como conservante, prolongando a vida útil dos produtos nas prateleiras. Em contraste com o paladar, nosso olfato é capaz de detectar uma variedade de aromas provenientes de substâncias químicas voláteis liberadas pelos alimentos. Uma cerveja de alta qualidade deve apresentar um perfil aromático característico, derivado do malte, do processo de fermentação e dos ingredientes específicos da receita, como o lúpulo.

No entanto, também é possível perceber aromas indesejáveis, conhecidos como "off flavors". Quando esses aromas indesejáveis estão presentes em grande quantidade, podemos dizer que a cerveja apresenta algum "defeito". Esses aromas indesejados podem se assemelhar a mofo, vinagre ou até mesmo ter um sabor metálico, dependendo do componente em excesso na bebida. Alguns estilos de cerveja têm perfis aromáticos distintos, como a Weissbier, que apresenta aromas típicos de banana e cravo, ou as fruit beers, que são conhecidas por seus aromas frutados (MORADO, 2017).

2.3.1. Gustativas

A união das percepções sensoriais da boca e do nariz capacita o paladar humano a reconhecer cinco sabores básicos: salgado, doce, ácido, amargo e umami. No contexto das cervejas, o sabor predominante é frequentemente o amargor, que está relacionado à quantidade de alfa-ácidos presentes nos lúpulos e malte utilizados. Os maltes mais tostados têm a capacidade de intensificar o amargor da cerveja. A quantidade de malte e a sensação de plenitude na boca também desempenham um papel na determinação do equilíbrio do amargor na bebida. A sensação de efervescência ao degustar a cerveja está relacionada à carbonatação. Além disso, os taninos provenientes do malte e do lúpulo contribuem para a sensação adstringente na língua, enquanto o álcool gera uma sensação de calor na boca, cuja intensidade pode variar de acordo com o teor alcoólico (MORADO, 2017).

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

O termo "bebabilidade da cerveja", originário do inglês "drinkability", refere-se às sensações e sabores experimentados durante o consumo da bebida. Esse conceito descreve o equilíbrio das características da cerveja, sendo subjetivo, uma vez que leva em consideração as preferências pessoais, percepções sensoriais e os efeitos biológicos individuais. Portanto, a bebabilidade não é uma característica padronizada, mas desempenha um papel fundamental na experiência de degustação de cada indivíduo (VILAÇA, 2022).

2.4. Matérias-primas utilizadas na fabricação da cerveja

De acordo com VENTURINI FILHO (2000), na produção de cerveja em diversos países, os produtores utilizam como ingredientes básicos (água, lúpulo e malte de cevada) acrescidos do adjunto com exceção da Alemanha, que ainda segue a lei da pureza da *Baviera*.

2.4.1. Água

A água desempenha um papel fundamental na produção de cerveja, representando de 90% a 95% do volume final. Além de sua quantidade, a composição iônica da água influencia significativamente a qualidade do produto. Esses íons desempenham um papel vital na nutrição das leveduras, pH, sedimentação de proteínas e no aroma da cerveja. No entanto, altas concentrações desses íons podem inibir o crescimento das leveduras ou contribuir para o desenvolvimento de aromas indesejáveis na cerveja (VILAÇA, 2022).

Para a produção de cerveja, a água deve atender a certos requisitos, como sendo pura, livre de cloro, sem sabores ou odores indesejados, além de não conter contaminantes. O controle do pH da água é igualmente essencial, pois um pH alcalino pode levar à dissolução de substâncias no malte e nas cascas dos grãos, o que não é desejado no processo de fabricação da cerveja. O pH ideal é ácido, em torno de 5,3 a 5,5 no mosto, facilitando a atividade enzimática dos grãos de cereais e resultando em maior rendimento de maltose e teor alcoólico (TOZETTO, 2017).

2.4.2. Malte

O malte é o ingrediente fundamental na produção de cerveja, originado a partir da germinação controlada de grãos de diferentes cereais, sendo a cevada a escolha mais comum. O processo de malteação envolve maceração, germinação e secagem dos grãos. A maceração mantém os grãos em água a uma temperatura controlada até que alcancem 45% de umidade. Na etapa de germinação, o calor amolece os grãos, facilitando a moagem e desenvolvendo enzimas responsáveis pela quebra do amido durante a mosturação. Por fim, a secagem reduz a umidade e interrompe a germinação, com atenção para preservar a atividade das enzimas (TRINDADE, 2016).

Diversos tipos de malte, como Pilsen, Munich, Caramelo e Preto/Torrado, são utilizados na produção de cerveja, cada um contribuindo com diferentes características de sabor, aroma e cor. A classificação dos maltes ocorre em "de base" e "especiais", dependendo da quantidade utilizada e do impacto desejado na cerveja. Maltes de base têm um maior poder enzimático e são empregados em maior quantidade, enquanto maltes especiais são usados para fins específicos, como estabilidade de espuma, cor ou sabor (ROSENTHAL, 2019).

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

De acordo com a Lei Alemã da Pureza (Reinheitsgebot), estabelecida em 1516, as cervejas devem ser compostas exclusivamente por malte de cevada, lúpulo, água e levedura. Embora muitos cervejeiros ainda sigam essa norma na Alemanha, ela não é considerada uma regra imutável nos dias de hoje (MORADO, 2017).

2.4.3. Lúpulo

O lúpulo, cujo nome científico é *Humulus Lupulus* Linnaeus, pertence à família Cannabaceae. Existem três espécies do gênero *Humulus*, mas apenas *H. lupulus* e *H. japonicus* são cultivadas em grande escala para fins comerciais. O *H. lupulus*, conhecido como lúpulo, é uma planta dióica, produzindo flores masculinas e femininas (RODRIGUES *et al.*, 2015).

Os lúpulos são classificados em três tipos: amargos, aromáticos e mistos. Essa classificação é baseada no teor percentual de alfa-ácidos em sua composição. Lúpulos amargos têm um teor de 12% a 17% de alfa-ácidos, enquanto os lúpulos aromáticos ficam entre 4% e 7%. Os lúpulos mistos têm uma alta concentração de alfa-ácidos combinada com componentes aromáticos distintos (BATISTA, 2021).

Os lúpulos estão disponíveis em diferentes formas, com os lúpulos desidratados sendo os mais comuns e populares. Também existem os cones frescos e pallets de lúpulo, mas essas formas são menos utilizadas devido à sua sensibilidade à umidade (MORADO, 2017).

2.4.4. Levedura

A *Saccharomyces cerevisiae* spp é um microrganismo unicelular da família *Saccharomycetaceae* e desempenha um papel crucial na produção de cerveja, convertendo o açúcar do mosto em álcool e dióxido de carbono durante a fermentação (TRINDADE, 2016).

Até o século XIX, a fermentação da cerveja era considerada um processo sobrenatural. Louis Pasteur e outros cientistas foram fundamentais para entender a influência das leveduras na fermentação e permitir o gerenciamento do processo de fermentação (MORADO, 2017).

As leveduras reproduzem-se por gemulação, com as leveduras de alta fermentação permanecendo na superfície e as de baixa fermentação sedimentando no fundo após a fermentação (TOZETTO, 2017).

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é conhecida por sua alta tolerância ao álcool e é usada comumente para produzir cervejas do estilo Ale, enquanto as leveduras *Saccharomyces pastorianus*, mais delicadas, são usadas para cervejas do estilo Lager, resultando em aromas de fermentação mais suaves. As leveduras Ale operam em temperaturas entre 15°C e 25°C, enquanto as Lager operam em temperaturas entre 9°C e 15°C (MORADO, 2017).

2.4.5. Adjuntos

Adjuntos cervejeiros são ingredientes além da água, malte, lúpulo e levedura, usados para contribuir com sabor, cor e aroma da cerveja. A legislação permite a substituição de parte do malte de cevada por adjuntos cervejeiros, desde que não excedam 45% do extrato primitivo em relação ao peso do mosto. Esses adjuntos podem incluir outros cereais como trigo, arroz, milho, amidos e açúcares de origem vegetal (SILVA, 2020).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) propôs revisões nos Padrões de Identidade e Qualidade da cerveja, permitindo o uso de adjuntos como frutas e mel, bem como o envelhecimento da cerveja em barris de madeira (BRASIL., 2014).

Os adjuntos amiláceos provêm estabilidade coloidal às cervejas (REITENBACH, 2010) e têm vantagens econômicas, pois custam menos que o malte. Além disso, resultam em cervejas mais leves em comparação com aquelas feitas exclusivamente com malte de cevada. Em geral, os adjuntos amiláceos contribuem pouco para os compostos fenólicos, enquanto os adjuntos vegetais, como frutas vermelhas, podem adicionar mais complexidade ao processo (D'AVILA, et al., 2012).

Dentre as diversas opções de uso de frutas na produção de cervejas artesanais, temos o exemplo do malambe (*Adansonia digitata*), pertencente à família Malvaceae (*Bombacaceae*), com características específicas, incluindo sua casca lenhosa e polpa com sementes cobertas por fibras. No entanto, a casca dura das sementes dificulta a germinação (RIBEIRO, 2013).

2.5. Malambe (*Adansonia Digitata*)

A *adansonia digitata* (Baobá) é uma planta do reino plantae, divisão magnoliopsia, gênero adansónia, ordem malvales e família malvácea (Bombacácea), classe magnoliopsida. É uma árvore de folha caduca e raiz aprumada com uma altura que varia entre 5 a 25 metros; o seu tronco tem uma capacidade de armazenar cerca de 120 000 litros de água. O nome vulgar é Embondeiro (ou baobá, como é mais conhecido no Brasil) (CHADARE, 2010).

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

A adansónia digitada apresenta ramos grossos, largos e espalhados e um pouco robusto é muito espesso na base, chegando a atingir 10-14m ou mais em diâmetro, a forma do tronco varia, sendo a cómica em arvores mais jovens, em arvores mais velhos pode ser cilíndricas ou em forma de garrafa com ramificações perto da base, este género de arvore apresenta uma elevada capacidade de retenção de água, as raízes expostas espalham-se a uma distância superior permitindo-lhe ser eficiente a controlar a sua perda de água, sobrevive bem em climas secos e é resistente ao fogo, esta adaptação permite que cresça em zonas com baixa pluviosidade anual (RIBEIRO, 2013).

Malambe é o fruto do embondeiro conforme ilustra a figura 1, este está dividido em três partes principais, nomeadamente casca, polpa e sementes, a casca é uma concha lenhosa, dura e quando seca, apresenta uma cor cinzenta esverdeada, já a polpa é constituída por um pó branco que cobre cada semente, formando pequenas bolinhas, figura 2. Por sua vez, as bolinhas de polpa são cobertas por uma rede de fibras (RAHUL J, 2015).



Figura 1: Fruto do Malambe.



Figura 2: Polpa de Malambe.

Fonte: Castro (2008)

2.5.1. Origem e distribuição da *adansónia digitata*

A *adansónia digitata* é nativa da savana africana, nas regiões quentes do clima tropical seco. A sua maior concentração regista-se na África subsaariana, concretamente na África Ocidental, república Centro Africana, ao longo das costas oriental e centro ocidental da África e África Austral.

Em Moçambique, os embondeiros concentram-se mais na região sul e nas províncias de Sofala, Manica e Tete, pelo facto de algumas destas apresentarem um clima tropical seco. Pela sua importância sociocultural neste continente, o imbondeiro é hoje considerado “o símbolo da África” e “árvore da vida” devido à sua capacidade de retenção de água, bem como ao seu uso tradicional como medicamento e como alimento (DUARTE, 2021).

2.5.2. Valor nutricional de Malambe

O valor nutricional da adansónia digitada varia de país para país mediante a metodologia utilizada por cada autor, o tipo de solo, composição genética e morfotipos (CHADARE, 2010). Segundo RIBEIRO (2013) torna-se indispensável, em todos os países, o reconhecimento das suas propriedades nutricionais e medicinais. Estas propriedades são contidas em todas as partes da árvore: folhas, casca, tronco e frutos (polpa, sementes e casca).

A polpa (malambe) contém uma elevada capacidade antioxidante pelo facto de possuir elevado teor de vitamina C, para além do ácido ascórbico, Vitamina B2 (Riboflavina) e Vitamina PP ou B3 (Niacina) que regulam os processos metabólicos (RAHUL J, 2015).

Ainda pode se encontrar no malambe nutrientes como: gordura, proteínas, hidratos de carbono, fibras, para além de minerais, como cálcio, potássio, magnésio, sódio, fósforo e ferro (CATARINA, 2011).

A doçura da polpa é devido a frutose, sacarose e glucose, o sabor ácido característico do fruto é devido aos ácidos orgânicos, como ácido cítrico, tartárico, málico, sacírico bem como o ácido ascórbico. A polpa do malambe é excelente fonte de potássio, cálcio, e magnésio, e fraca em ferro, zinco e cobre, o índice elevado de cálcio torna o malambe uma atraente fonte natural de suplementos de cálcio para as mulheres grávidas e crianças (CATARINA, 2011).

Na tabela 1 está ilustrada dados da composição da polpa de malambe.

Tabela 1: Composição da polpa de malambe.

Constituintes (base para peso seco)	Quantidade
Açúcares totais	23,3
Açúcares redutores	19,9
Pectina total (% ácido galáctico)	56,2
Amido (%)	-
Proteína (%)	2,6
Gordura (%)	0,2
Fibra crua (%)	5,7
Cinza (%)	5,3
Ácido ascórbico (%)	300
Ph	3,7
Humidade	6,7

Fonte: RAHUL *et al.*, (2015).

2.6. Processamento da cerveja

A produção convencional de cerveja pode ser dividida em oito etapas fundamentais, cada uma desempenhando um papel crítico no processo global (SILVA, 2020).

2.6.1. Moagem do malte

A moagem do malte é um passo crucial onde o malte é triturado para obter cascas intactas e farinha de endosperma. Isso é importante, pois as cascas de malte moído desempenham um papel vital na filtração eficaz do mosto na tina de filtração, enquanto o endosperma amiláceo moído contribui para a máxima conversão de amido em extrato durante a mosturação. A moagem do malte afeta a velocidade das reações físico-químicas, o rendimento, a clarificação e a qualidade do produto final (VENTURINI FILHO, 2010).

2.6.2. Mosturação

A mosturação é uma etapa em que o malte moído entra em contato com a água, desencadeando reações de hidrólise do amido que convertem o amido em açúcares fermentáveis, como maltose, maltotrioses e glicose. O controle cuidadoso do pH e da temperatura é essencial durante esta fase para regular a degradação do amido e das proteínas. Vários parâmetros, como o tipo de mosturação, o tempo e a temperatura, são determinados de acordo com o perfil desejado da cerveja (Junior et al., 2009).

2.6.3. Filtração do mosto

A separação do mosto ocorre na tina de separação, onde a casca do malte atua como uma camada de filtração. O objetivo aqui é remover substâncias sólidas e clarificar o mosto. Água quente é adicionada para diluir os açúcares e concentrá-los na fase líquida, facilitando a remoção dos resíduos do filtro e a extração máxima de açúcares da parte sólida, melhorando a eficiência do processo (SILVA et al., 2015).

2.6.4. Fervura do mosto

A fervura é uma etapa que dura geralmente de 60 a 120 minutos a 120 °C e engloba diversas funções importantes. Durante a fervura, ocorre a esterilização do mosto, inativação de enzimas, coagulação de proteínas, extração de compostos amargos e aromáticos do lúpulo, formação de substâncias que influenciam o aroma e sabor da cerveja, redução do teor de água e remoção de componentes aromáticos indesejados (SILVA, 2020). Além disso, precipitam proteínas e inativam enzimas (CARVALHO, 2015).

2.6.5. Clarificação

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

Após a fervura, ainda podem existir partículas de proteínas coaguladas, resinas, taninos e resíduos de lúpulo, chamados de trub grosso. Estes resíduos podem afetar a fermentação, levando à formação de compostos indesejados, como ésteres e álcoois de maior cadeia molecular. O método comum para remover essas impurezas é a técnica de whirlpool, que cria um redemoinho no mosto, levando o trub grosso ao centro da tina para posterior filtração (VENTURINI FILHO, 2010).

2.6.6. Resfriamento e Aeração do Mosto

Segundo VENTURI FILHO (2010), a aeração do mosto antes da inoculação é essencial. O oxigênio fornecido durante a aeração é consumido pelas leveduras em poucas horas e é usado na produção de ácidos carboxílicos insaturados e esteróis, que são vitais para a síntese da membrana celular. A falta desse oxigênio inicial pode resultar em uma fermentação anormal e afetar as características organolépticas da cerveja.

2.6.7. Fermentação

A fermentação é uma etapa crítica na produção de cerveja, onde as leveduras convertem açúcar em etanol e gás carbônico sob condições anaeróbicas. As leveduras produzem compostos que influenciam o aroma e sabor da cerveja como resultado de seu metabolismo. O controle preciso das condições de fermentação é essencial para alcançar o perfil desejado da cerveja (VILAÇA, 2022). Após a adição do inóculo de levedura preparado, a fermentação é iniciada. Na primeira fase, o processo ocorre em ambiente aeróbio, resultando na decomposição da glicose em CO₂ e água, sem produção de álcool, mas com acúmulo de biomassa. Na segunda fase, ocorre a fermentação anaeróbia. É importante controlar a temperatura para evitar que ultrapasse 37 °C, pois isso poderia inativar a enzima álcool desidrogenase, responsável pela redução do piruvato resultante da decomposição da glicose e produção de álcool. Ao final da fermentação, as células que se agregam na superfície podem ser removidas e reutilizadas posteriormente (LAZZARI, *et al.*, 2009).

2.6.8. Maturação

A maturação é considerada uma fermentação secundária, na qual a cerveja deve ser maturada a temperaturas de 0 °C ou no máximo 0,5 - 3 °C por períodos variáveis. Na fase, acontece uma fermentação mais lenta, o que leva à purificação da cerveja devido à sedimentação de leveduras e proteínas, trazendo modificações no sistema coloidal. Além disso, ocorrem reações químicas que ajudam na purificação e aprimoram o aroma e o sabor (SILVA, 2020).

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

De acordo com MORADO (2009), após a retirada da levedura, inicia-se o processo de maturação. Nesta fase, ocorrem reações físico-químicas significativas que incluem modificações visuais na bebida e a geração de aromas e sabores distintos. Durante o procedimento de maturação, a biomassa resultante de uma fermentação secundária precipita, provocando alterações no sistema coloidal e a formação de ésteres. Esses ésteres têm um impacto significativo no sabor e aroma, indicando que a cerveja atingiu o estágio de maturação desejado (JUNIOR et al., 2009).

Na fase de maturação, ocorrem alterações de significativa importância para a qualidade da cerveja. O dióxido de carbono gerado durante a fermentação secundária promove a carbonatação da cerveja. O período de repouso em baixas temperaturas resulta na precipitação dos resíduos de levedura que ainda se encontram na cerveja. Além disso, a maturação contribui para transformações na concentração de ácido sulfídrico, acetaldeído e diacetil, minimizando a presença desses compostos durante o processo. Também é nessa etapa que ocorre a clarificação por precipitação de leveduras, proteínas e sólidos solúveis (VENTURINI FILHO, 2010).

2.6.9. Clarificação

O objetivo da clarificação é obter a estabilidade da cerveja através dos aspectos microbiológicos, coloidal e estabilidade de sabor. A estabilidade microbiológica é alcançada pela remoção de células de leveduras ativas. A estabilidade coloidal é obtida pela remoção de partículas grandes, especialmente flocos formados pela coagulação de polifenóis e proteínas que aparecem como turbidez em cervejas clarificadas a baixa temperatura. E a estabilidade do sabor é atingida através da minimização do oxigênio dissolvido na cerveja clarificada (BATISTA, 2021).

2.6.10. Envase e carbonatação

O envase é a etapa mais dispendiosa em uma cervejaria, em termos de matérias-primas e de mão-de-obra (PASTORE, et al., 2013).

Segundo VENTURI FILHO (2010), o dióxido de carbono (CO₂) é um componente muito importante na carbonatação da cerveja, pois é responsável pela efervescência e sensação ácida na boca, devido às suas propriedades de gás ácido. Por essa razão, a concentração de CO₂ na cerveja deve ser cuidadosamente controlada para garantir que os consumidores desfrutem de um produto de alta qualidade.

2.7 Compostos bioativos presentes na cerveja

A cerveja é uma bebida que contém compostos fenólicos encontrados no malte e no lúpulo, conferindo-lhe capacidade antioxidante moderada. Em sua composição, o malte é responsável por cerca de 70 a 80%

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

dos compostos fenólicos, enquanto o lúpulo contribui com 20 a 30%. Devido à sua capacidade antioxidante e baixo teor alcoólico, o consumo moderado de cerveja é considerado benéfico para a saúde (SIQUEIRA, *et al.*, 2008).

Quando consumida com moderação, a cerveja pode trazer benefícios à saúde devido ao seu baixo teor alcoólico e aos compostos antioxidantes presentes. Esses antioxidantes atuam como sequestradores de radicais livres, prevenindo o estresse oxidativo e, conseqüentemente, o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, como câncer e doenças cardiovasculares (VIEIRA, 2013).

Tanto as cervejas artesanais do tipo ale quanto as lagers contêm quantidades significativas de compostos fenólicos e possuem capacidade antioxidante. Estudos mostram que o consumo moderado de cerveja pode reduzir a incidência de inflamações intestinais e prevenir o surgimento de pedras nos rins e na vesícula (BIENDL, 2009).

De acordo com FREITAS *et al.* (2006), a cerveja é rica em polifenóis, como ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas e flavonóis, que são encontrados principalmente na casca da cevada e no lúpulo. Além de beneficiarem a saúde dos consumidores, esses compostos também influenciam a conservação da cerveja, retardando o processo de envelhecimento.

2.8. Características físico-químicas

Segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz (2015), as características físico-químicas dos alimentos são basicamente as informações nutricionais, dados que obrigatoriamente devem constar na rotulagem dos produtos alimentícios principalmente os transformados. Compreendem: o teor de proteína, carboidratos, gorduras, cinza, valores energéticos e análise de humidade, estas podem ser feitos sobre produtos de origem animal e vegetal (IAL, 2015).

2.8.1. Acidez titulável

A determinação da acidez titulável envolve a quantificação de uma quantidade específica da amostra através da adição de uma solução alcalina com concentração conhecida, fazendo uso de fenolftaleína como indicador. A medição da acidez é de importância significativa na avaliação da qualidade de produtos alimentícios. Processos de degradação, como hidrólise, oxidação ou fermentação, frequentemente causam alterações na concentração de íons de hidrogênio (LUTZ, 2008).

Existem diversos métodos de determinação da acidez, podendo ser classificados em avaliação da acidez titulável ou na quantificação da concentração de íons de hidrogênio livres, com base no pH. Os métodos que avaliam a acidez titulável consistem na titulação com soluções de álcali de concentração conhecida para determinar a acidez do produto, soluções aquosas ou alcoólicas, e, em certos casos, dos ácidos graxos

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

obtidos dos lipídios. Essa acidez pode ser expressa em mililitros de solução molar por cento ou em gramas do principal componente ácido presente (IAL, 2015).

2.8.2. Potencial de Hidrogênio

A faixa de pH é uma consideração vital para o crescimento de microrganismos. A maioria dos microrganismos prospera em um pH ótimo que varia entre 6 a 8, uma vez que tanto ácidos quanto bases fortes podem afetar a atividade enzimática. No entanto, além dos microrganismos que preferem pH neutro, existem bactérias que se adaptaram a extremos, como os acidófilos que prosperam em pH ácido e os alcalinófilos que o fazem em um ambiente alcalino (CARLOS, 2015).

Todos os microrganismos possuem uma faixa de pH ideal para o seu crescimento e sobrevivência, sendo geralmente mais sensíveis às mudanças de pH em seu ambiente interno do que em seu ambiente externo. Mudanças significativas de pH podem levar à perda de viabilidade desses microrganismos (LUTZ, 2008). É importante observar que os processos de avaliação do pH podem ser classificados em calorimétricos ou eletrométricos. Os processos calorimétricos fazem uso de indicadores que mudam de cor em resposta a concentrações específicas de íons de hidrogênio, mas são aplicáveis de forma limitada, uma vez que as medições são aproximadas e não são adequadas para soluções intensamente coloridas, turvas e coloidais, que podem afetar os resultados. Já os processos eletrométricos envolvem a utilização de potenciômetros especialmente adaptados, que permitem a determinação directa, simples e precisa do pH (IAL, 2015).

2.8.3. Sólidos Solúveis

Os sólidos solúveis referem-se às substâncias presentes na água, incluindo açúcar, sais, proteínas, ácidos, entre outros componentes. A medida da concentração dessas substâncias corresponde à soma total dos sólidos dissolvidos na solução (LUTZ, 2008).

2.9. Características Sensoriais da Cerveja

Na indústria alimentícia, a avaliação sensorial desempenha um papel fundamental na compreensão das expectativas dos consumidores. A avaliação sensorial compreende um conjunto de técnicas que buscam a medição precisa dos atributos sensoriais dos produtos, com base nas respostas humanas. Essas técnicas têm suas bases em princípios da ciência dos alimentos, fisiologia, psicologia e estatística, fornecendo informações objetivas sobre as propriedades dos alimentos percebidas pelos cinco sentidos (TOZETTO, 2017).

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993), a análise sensorial é uma disciplina científica que visa despertar, medir, examinar e interpretar as respostas das características dos alimentos e materiais percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição. Seu objetivo principal é fornecer informações sobre os tratamentos experimentais aplicados a uma população específica. Trata-se de uma ciência que tem como foco o estudo das percepções, sensações e reações dos consumidores em relação às características dos produtos, incluindo sua aceitação ou rejeição. Nesse contexto, frequentemente são utilizados avaliadores não treinados (AQUARONE, et al., 2013).

2.9.1. Características Visuais

Ao servir uma cerveja, uma das primeiras características observadas é a formação de espuma. A análise das características da espuma pode fornecer informações valiosas sobre a bebida. A cerveja em um recipiente fechado contém dióxido de carbono dissolvido no líquido, que se expande quando o recipiente é aberto. Esse processo resulta na aglomeração de proteínas, formando uma superfície elástica ao redor das bolhas. A acumulação de bolhas leva à formação da espuma, cujas características são influenciadas por fatores como a quantidade de proteínas, temperatura e pressão de fermentação, temperatura de consumo, entre outros. Em geral, espera-se que a espuma seja mais clara que o líquido, brilhante e estável, persistindo por dois a três minutos após o serviço. No entanto, a quantidade e a persistência da espuma podem variar de acordo com o estilo da cerveja consumida (MORADO, 2017).

2.9.2. Características Olfativas

Ao contrário do paladar, o olfato humano é capaz de detectar uma ampla variedade de aromas resultantes de substâncias químicas voláteis liberadas pelas bebidas. Uma cerveja de qualidade deve apresentar aromas característicos, como os provenientes do malte, do processo de fermentação e dos lúpulos empregados na receita. Além disso, é importante notar que a presença de aromas indesejáveis, os chamados off flavors, pode ser um indicativo de que a cerveja está com defeitos. Esses aromas indesejáveis podem variar e incluir notas de mofo, vinagre ou até mesmo traços metálicos, dependendo dos componentes presentes em excesso na bebida. Diferentes estilos de cerveja podem apresentar aromas característicos, como no caso das Weissbiers, que tipicamente exibem aromas de banana e cravo, ou nas fruit beers, que apresentam aromas frutados distintos (BARBOSA, 2019).

2.9.3. Características Gustativas

A percepção do sabor, formada pela combinação das sensações da boca e do nariz, permite que o ser humano identifique cinco gostos básicos: salgado, doce, ácido, amargo e umami. No contexto das cervejas,

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

a percepção fundamental está associada ao amargor, que é influenciado pela quantidade de alfa-ácidos provenientes dos lúpulos e malte utilizados, sendo que maltes mais tostados tendem a realçar o amargor. O equilíbrio entre amargor e outros sabores, juntamente com a sensação de preenchimento na cavidade bucal (chamada de corpo da cerveja), é essencial para a apreciação da bebida. Além disso, a carbonatação é responsável pela sensação efervescente ao degustar a cerveja. A adstringência, caracterizada pela sensação de travamento da língua, geralmente está relacionada aos taninos presentes no malte e no lúpulo, enquanto o teor alcoólico influencia a sensação de calor na boca, que pode variar de acordo com a quantidade de álcool na cerveja (MORADO, 2017).

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição da área de estudo

O estudo foi conduzido no Instituto Superior Politécnico de Gaza, concretamente no laboratório de processamento de alimentos. Localizado geograficamente no distrito de Chókwè, posto administrativo de Lionde, Sul da província de Gaza, conforme a figura 3, no curso médio do rio Limpopo, tendo como limites a Norte o rio Limpopo que o separa dos distritos de Massingir, Mabalane e Guijá, a Sul o distrito de Bilene e o rio Mazimuchope por distrito de Bilene, Chibuto e Xai-Xai, a Este confina com os distritos de Bilene e Chibuto e a Oeste com os distritos de Magude e de Massingir (MAE, 2014).

3.1.2. Materiais

A matéria-prima, utensílios e equipamentos necessários para produção da cerveja a base de milho com adição de polpa de malambe estão descritos na tabela 2.

Tabela 2: Material usado para realização do estudo.

Matéria-prima	Utensílios	Equipamentos
Malte de milho	Bacias	Balança eletrónica
Fermento (leveduras <i>S.cerevisiae</i>)	Baldes de 15 litros	Chaleira elétrica
Lúpulo	Bandejas metálicas	Estufa
Malambe	Copos descartáveis	Fogão elétrico
-	Escumadeiras	Geleira
-	Facas	pHmetro
-	Filtros	Refratómetro
-	Panelas metálicas	Termómetro
-	-	Triturador de vegetais

Fonte: autora.

3.2. Métodos

3.2.1. Aquisição da matéria-prima

A matéria-prima foi adquirida no mercado central do distrito de Chókwè, pautando pela identificação de fornecedores que possuíam matéria-prima de boa qualidade (milho de e fiáveis).

3.2.2. Formulações

A tabela 3 ilustra os tratamentos a que foram aplicados na formulação da cerveja a base de milho adicionado de polpa de malambe como coadjuvante.

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

Tabela 3: Formulações da cerveja produzidas.

Ingredientes	Formulações		
	F1	F2	F3
Água	82,69%	82,69%	82,69%
Fermento (<i>S.cerevisiae</i>)	0,03%	0,03%	0,03%
Lúpulo	0,78%	0,78%	0,78%
Malambe	-	2,5%	5%
Malte de milho	16,23%	13,73%	11,23%

Fonte: Autora

3.2.3. Obtenção do malte de milho

Para a obtenção do malte, o milho foi primeiramente submetido ao processo de beneficiamento (limpeza para retirada de impurezas como pedras e alguns resíduos resultantes da colheita) e em seguida pesada a quantidade suficiente deste cereal numa balança electrónica para o uso nos procedimentos da etapa de malteação descritos a seguir:

Embebição – Após o beneficiamento e pesagem do milho, o cereal foi colocado em uma panela e adicionada água numa proporção de 1:1 e deixado a hidratar (encharcamento) por um período de aproximadamente 48 horas, com o objectivo de aumentar a humidade do grão entre 45 a 50%, favorecendo o processo de germinação do mesmo.

Germinação – Ao fim de 48 horas o milho encharcado foi colocado em caixas de papelão previamente preparadas e espalhado e cobertos com sacos para germinar. O brotamento das radículas levou em de 3 – 4 dias, promovendo a activação e o desenvolvimento de enzimas do cereal em causa.

Secagem -Após a germinação, os grãos de milho foram submetidos a secagem em estufa a temperatura de 120° C num período de 5 horas, este fator possibilita a secagem do milho de forma adequada sem que ele exceda a torrefacção, visto que o ideal é obter uma cerveja clara, obtendo-se assim o malte germinado e seco.

3.2.4. Preparação do mosto

Moagem do malte – O milho foi moído a seco, em uma moageira de cereais de modo a separar a casca dos grãos e proporcionar acesso ao amido do grão maltado.

Maceração do malte – Nesta etapa foi aquecida água nas quantidades de 2-8L até atingir a temperatura de 70° C, em seguida colocou-se o malte já moído nas porções de cada formulação em sequencia de modo que as enzimas do malte favoreçam a conversão do amido em monossacarídeos mais simples (glicose) que possam ser fermentados pelas leveduras alcoólicas. Esta mistura passou pelo processo de cocção durante 90 minutos, com a temperatura na faixa de 66-70° C, para evitar a desnaturação das enzimas.

Filtração do mosto – A filtração do mosto foi realizada com recurso a um pano de algodão, de modo a remover o resíduo dos grãos de malte e em seguida a camada filtrante foi lavada com água previamente aquecida a 70°C para retirar o açúcar residual, aumentando consequentemente o rendimento do processo. Antes de prosseguir com o processo seguinte (fervura), fez-se a leitura do teor de sólidos solúveis (brix) para verificar o nível de açúcar presente no mosto.

Fervura do mosto – A pasteurização do mosto (fervura) tem a função de eliminar microrganismos que possam competir com a levedura durante a fermentação, durante o processo da fervura passados 30 minutos foi adicionado ao mosto o lúpulo, que entra como agente de sabor e conservante, atribuindo o tom amargo e um flavor característico da cerveja. Este processo realizou-se em uma panela metálica a temperatura de 99°C a 100° C durante 60 minutos, ainda neste processo foi adicionada o açúcar (sacarose) para auxiliar na formação do etanol e no final da fervura foi feita a leitura do pH e sólidos solúveis (Brix).

Resfriamento do mosto – O mosto foi submetido ao resfriamento lento a temperatura ambiente para adequá-lo à temperatura ideal de 36°C a 40°C durante 40 minutos, depois foi feita a inoculação das leveduras (*S. cerevisiae*) considerando que o ambiente era adequado a multiplicação microbiana.

3.2.5. Fermentação

Apos resfriado, dividiu-se o mosto e transferido para 3 bioreatores de polietileno e acrescentou-se diferentes concentrações de polpa de malambe (0, 2,5% e 5%) de acordo com as formulações, previamente pasteurizadas e adquiridas de revendedores locais na cidade de Chókwè, deixando fermentar por 7 dias na temperatura ambiente 25-37 °C.

3.2.6. Pós-processamento ou acabamento

Filtração – antes de colocar a cerveja na maturação, foi feita a filtração com recurso a uma esponja fina de modo a reduzir as partículas e flocos em suspensão.

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

Maturação – a maturação da cerveja ocorreu num período de 21 dias sob refrigeração (4°C), de modo a equilibrar o sabor das cervejas e reduzir o risco de *off flavors*.

Carbonatação/Envase – Após a etapa de maturação, as cervejas foram transferidas para recipientes plásticos equipados com tampas que permitem a conexão de uma mangueira. Esta mangueira conecta o recipiente de cerveja a outro recipiente contendo água gaseificada. Durante esse processo, o recipiente que contém a cerveja foi submetido a agitação intermitente para promover a dissolução eficaz do dióxido de carbono na cerveja. Os recipientes foram mantidos a uma temperatura de 4°C por um período adicional de 24 horas.

Posteriormente, as cervejas foram submetidas ao processo de envase em garrafas plásticas de tamanhos variados, incluindo garrafas de 500ml, 1L e 2L, respectivamente. As garrafas foram então armazenadas em um ambiente refrigerado a uma temperatura de 17°C para posterior distribuição e consumo.

3.2.7. Determinação da qualidade físico-química das cervejas elaboradas

Após a obtenção das cervejas obtidas foram caracterizadas quanto aos seguintes parâmetros físicos e químicos: teor alcoólico, pH e sólidos solúveis.

As determinações do pH, acidez titulável e sólidos solúveis foram realizadas de acordo as metodologias descritas nos Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos (MFAA), disponível no manual de Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Acidez titulável – para a determinação de acidez titulável utilizou-se o método titulométrico com solução de NaOH 0,1 N, utilizando-se fenolftaleína como indicador e os resultados serão expressos em mg conforme a equação 1.

Equação 1: Determinação de acidez

$$\text{Acidez titulável} = \frac{V \times f \times M}{p} \times 100$$

a) Equação 1

Onde:

V = nº de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação;

f = factor de correcção da solução de hidróxido de sódio;

P = massa da amostra em g ou volume pipetado em mL;

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio.

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

Sólidos solúveis (°Brix) – A determinação dos sólidos solúveis foram realizados por refratometria, ajustando o refractômetro para a leitura: zero com água a 20°C, de acordo com as instruções do fabricante, em seguida foram transferidas de 1-2 gotas da amostra homogeneizada para o prisma do refractômetro, circulou-se a amostra à temperatura constante pelo equipamento, no tempo suficiente para equilibrar a temperatura do prisma e da amostra e após um minuto, fez-se a leitura dos valores directamente na escala de graus Brix no painel do aparelho.

pH – O pH foi determinado pelo método potenciométrico, onde o conteúdo da amostra colhida era uma mistura homogénea. Em seguida fez-se a leitura do pH, com o aparelho previamente calibrado com solução tampão de cloreto de potacio (Kcl) e agua destilada para higieniza-lo, precionado o botão de ligar e desligar ate aparecer no seu vizor a palavra (cal), depois foi mergulhada na solução cloreto separados em 3 bekers com 50ml durante 30 minutos depois ajustou-se aos pontos de pH 7 e pH 4 pH 9 respectivamente. De seguida ligou-se o pHmetro e operou-se de acordo com as instruções do fabricante para leitura da amostra.

3.3. Análise sensorial

Para a realização dos ensaios sensoriais, 50 provadores não treinados de ambos os sexos, com idade superior a 18 anos, selecionados aleatoriamente entre estudantes e funcionários do campus politécnico do ISPG, foram escolhidos como participantes. As amostras foram fornecidas de forma codificada, com atribuição de números aleatórios de três dígitos.

As amostras foram apresentadas aos provadores em copos descartáveis, cada um contendo aproximadamente 40ml da cerveja a ser avaliada. Para evitar a influência dos sabores anteriores e limpar o paladar entre as degustações, os provadores receberam água para enxágue bucal.

Os critérios avaliados pelos provadores incluíram a percepção de amargor, sabor da fruta e aroma da fruta. Além disso, a intenção de compra foi avaliada com base no método "just about right" proposto por Dutcosky (1996). Nesse método, utilizou-se uma escala de cinco pontos, onde o ponto central representava a condição "ideal". A intenção de compra foi avaliada em uma escala de quatro pontos, indo desde "certamente compraria" até "certamente não compraria".

a) Índice de aceitabilidade

O Índice de Aceitabilidade (IA) foi realizado em relação aos atributos aparência, cor, aroma, sabor e avaliação geral de acordo com a seguinte equação (STONE e SIDEL, 1985):

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

Equação 2: Equação de determinação de índice de aceitação

$$IA(\%) = \frac{Ax100}{B}$$

Onde:

A= nota média obtida para o atributo

B= maior nota obtida para o atributo.

3.4. Análise estatística

Para análise estatística foi empregue delineamento inteiramente casualizado de 3 formulações e 3 repetições, constituído por 9 unidades experimentais. As médias foram submetidas a análise de variância (ANOVA) através de modelo linear geral e em caso de efeitos significativos, foram submetidos ao teste de tukey a 5% e processados no pacote estatístico Minitab versão 18.1.

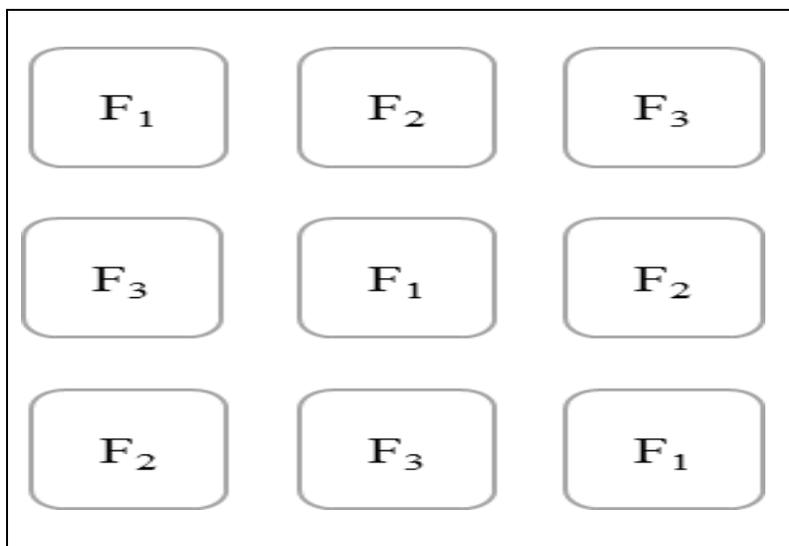


Figura 3: Layout experimental

Legenda: F1- formulação padrão contendo 100% de malte do milho, F2- formulação contendo 14.02 % do malte de milho e 2.5 % do malambe e F3 contendo 11.54 % do malte de milho e 5 % do malambe.

Fonte: Autora.

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

4.0 Resultados e discussão

4.1. Análises Físico-Químicas

Os valores apresentados na tabela 4 representam as médias obtidas a partir de três repetições para cada uma das três formulações de cervejas elaboradas: a formulação padrão contendo malte de milho, a formulação com substituição parcial de malte de milho em 2,5%, e a formulação com substituição parcial de malte de milho em 5%.

Os resultados das análises do teor alcoólico, dos sólidos solúveis (°Brix), do pH e da acidez total foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as diferenças entre as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, com um nível de significância de 5%. Isso foi feito para identificar possíveis diferenças significativas entre as cervejas em relação a esses parâmetros analisados.

Tabela 4: Resultados de análises físico-químicas de cervejas com substituição do malte de milho por malambe e da formulação padrão.

Tratamentos	Parametros físico-químicas Avaliados			
	pH	Solidos soluveis	Teor alcoólico%	Acidez total%
F1	4,0± 0,3 ^c	4,8± 0,7 ^a	4,9± 0,2 ^c	2,83± 0,1 ^c
F2	3,68± 0,3 ^b	4,0± 0,6 ^b	6,3± 0,3 ^b	4,60± 0,4 ^b
F3	2,97± 0,2 ^a	3,3± 0,5 ^c	7± 0,4 ^a	6,33± 0,5 ^a

Legenda: F1- formulação padrão contendo 100% de malte do milho, F2- formulação contendo 14.02 % do malte de milho e 2.5 % do malambe e F3 contendo 11.54 % do malte de milho e 5 % do malambe. Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de significância ($P>0.05$).

Fonte: Autora.

4.1.1. Análise de pH

A presente pesquisa demonstra diferenças estatisticamente significativas ($p\leq 0,05$) nos parâmetros examinados entre diversas formulações de cerveja de milho com adição de frutas de embondeiro (*adansonia digitata*) como coadjuvante, especialmente no que se refere ao pH. Notou-se que as formulações F3 e F1 exibiram os valores mais baixos (2,97) e mais altos (4,0), respectivamente. Isso sugere que a inclusão do malambe pode influenciar o pH da cerveja. Essa constatação está de acordo com estudos anteriores VENTURINI FILHO (2010), que constatou que a adição de frutas durante o processo

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

de fervura tende a diminuir o pH da cerveja. PINTO *et al.*(2015), ao adicionarem polpa de abacaxi e acerola na produção de cerveja, também observaram uma diminuição do pH conforme aumentava-se a quantidade de polpa adicionada. Essa redução do pH contribui para a conservação da cerveja, pois reduz a probabilidade de crescimento microbiano. OLIVEIRA *et al.* (2015) constatou que o aumento da quantidade de mel na fabricação de cerveja resultou em uma diminuição do pH. Estudos anteriores também demonstraram uma tendência de queda no pH para cervejas produzidas com adjuntos em comparação com cervejas feitas apenas com malte puro (VENTURINI FILHO, 2010). No entanto, KEMPKA *et al.* (2017), não encontraram diferenças estatisticamente significativas nos valores de pH entre as cervejas produzidas com diferentes tipos de mel. FERNANDES (2017) também não observou diferenças significativas no pH ao produzir cervejas com diferentes concentrações de polpa de acerola. No estudo de BRUNELLI (2014), a adição de maior quantidade de mel resultou em valores de pH mais baixos. É importante ressaltar que os valores de pH encontrados neste estudo estão abaixo do limite de 4,5 para evitar contaminações por bolores, leveduras e bactérias, que são os principais agentes contaminantes.

4.1.2. Análise de Acidez titulável

Ao analisar os valores de acidez titulável, percebi uma diferença significativa entre a cerveja padrão e as cervejas com adição de polpa de malambe. Essa diferença pode ser justificada pela concentração diferenciada de malambe adicionada em cada formulação, assim como pela alta acidez deste fruto, resultando em variações nas médias, que variam entre 2,83% de F2 e 6,33% de F3.

Um comportamento semelhante foi observado por SORBO (2017) ao analisar cerveja com adição de maracujá como adjunto do malte. PINTO *et al.* (2015), ao desenvolver cerveja artesanal com uma mistura de polpas de acerola e abacaxi, constataram que a acidez titulável diferiu de acordo com as diferentes proporções da mistura. TRINDADE (2016) adicionou diferentes concentrações de polpa de amora na cerveja artesanal e detectou valores de acidez variando entre 10% e 48% em ácido cítrico, sendo esses valores superiores aos encontrados neste estudo. No entanto, o comportamento observado foi o mesmo, ou seja, os valores aumentaram com o aumento do adjunto.

Por outro lado, OLIVEIRA *et al.* (2015) elaboraram quatro formulações de cerveja artesanal, sendo uma controle e três formulações diferentes com mel. Os autores verificaram que as cervejas não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos. KEMPKA *et al.* (2017), ao analisarem cervejas elaboradas com diferentes proporções de mel, constataram que a acidez titulável foi influenciada pela adição de mel. Verificou-se que quanto maior a proporção de mel adicionada, maior foi a acidez da cerveja.

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

De acordo com VENTURINI FILHO (2010), a maioria dos ácidos presentes na cerveja é encontrada no mosto, porém, em proporções distintas. Suas concentrações variam de acordo com a matéria-prima utilizada, a variedade do malte e as condições de maltagem.

4.1.3. Análise de sólidos solúveis totais

No que diz respeito ao teor de sólidos solúveis, observou-se que todas as cervejas apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si. A F1 teve a maior média (4,8), seguida pela F2 (4) e F3 (3,3). É notável que a porcentagem de polpa adicionada à cerveja refletiu diretamente na concentração de sólidos solúveis. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que a adição de polpa de frutas em cervejas artesanais proporciona uma maior concentração de açúcares fermentáveis, que complementam o processo de fermentação, especialmente no priming, onde a cerveja artesanal é carbonatada dentro da própria garrafa (VENTURINI FILHO, 2010).

VOGEL (2017), ao comparar o teor de sólidos solúveis em cervejas adicionadas de frutas vermelhas com uma cerveja controle (comercial), constatou que a cerveja comercial apresentava um teor de sólidos solúveis maiores. Resultados semelhantes também foram encontrados por SORBO (2017) em cervejas artesanais elaboradas com diferentes percentagens de polpa de maracujá.

Por outro lado, OLIVEIRA et al. (2015) obtiveram resultados opostos: a formulação sem adição de mel apresentou a maior quantidade de sólidos solúveis, diferenciando-se das amostras com substituição do malte por mel, que se mostraram semelhantes entre si. FREIRA (2018), ao produzir cervejas com adição de polpa de atemóia e sapoti, encontrou valores de sólidos solúveis acima dos identificados neste estudo, 6,00 e 6,06 °Brix, respectivamente.

No entanto, TRINDADE (2016) observou que ao substituir parte do malte por polpa de amora, o aumento na porcentagem de polpa resultou em uma diminuição no teor de sólidos solúveis. Isso ocorre porque a amora possui minerais e nitrogênio em sua composição, que podem ter sido transferidos para o mosto e contribuído para a multiplicação das leveduras, que, por sua vez, consumiram uma maior quantidade de açúcares (YAMADA et al., 2003).

4.1.4. Teor alcoólico

As amostras analisadas pertencem à categoria de alto teor alcoólico, uma vez que as formulações apresentam valores médios de 4,9%, 6,3% e 7% para F1, F2 e F3. É evidente que todos os tratamentos demonstraram diferenças estatisticamente significativas nos teores alcoólicos com $p < 0,05$. A quantidade de álcool presente na cerveja está intrinsecamente relacionada às suas características, como o teor de

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

sólidos solúveis. Em outras palavras, quanto maior o valor dessas variáveis, maior será o teor alcoólico da cerveja. Esse fenômeno pode ser explicado pelo fato de que uma concentração mais elevada de polpa favorece o aumento do teor de açúcar e, como resultado, promove uma fermentação mais intensa do produto, o que culmina no aumento do teor alcoólico da cerveja (FLORES *et al.*, 2015).

Um comportamento semelhante foi encontrado por BRUNELLI *et al.* (2014) ao analisarem cervejas artesanais elaboradas com mel em diferentes proporções e sólidos solúveis variando entre 11 e 15 °Brix: eles observaram que quanto maior a percentagem de mel e sólidos solúveis (°Brix), maior foi o teor alcoólico das cervejas, resultados semelhantes aos encontrados neste estudo.

LIMA *et al.* (2018), desenvolveram uma cerveja especial com adição de pitanga e avaliaram suas características físico-químicas após as etapas de clarificação e filtração. Os resultados variaram na faixa de 4,2% a 4,8%. BRUNELLI, MANSANO e VENTURINI (2014) produziram cervejas com diferentes concentrações de mel em diferentes combinações de extrato original. O teor alcoólico encontrado nas formulações variou de 4,43% a 5,62%. Na avaliação da atividade oxidante em cervejas especiais com pedúnculo de caju e casca de laranja, PEREIRA *et al.* (2019) obtiveram um teor alcoólico na faixa de 3,73% a 4,23%.

4.2. Análise sensorial

Com relação à análise sensorial das cervejas de malambe elaborados, de acordo com da tabela 5 pode-se observar que para todos os atributos avaliados (aparência, cor, aroma, sabor, e avaliação global) ocorreu diferença significativa entre as formulações F1: Cerveja de milho sem adição de malambe; F2: Cerveja de milho com adição de 2.5% de malambe e F3: Cerveja de milho com adição de 5% de malambe.

Tabela 5: Aceitação sensorial de amostras da cerveja de malambe.

Atributos sensoriais	Formulações da cerveja		
	F1	F2	F3
Aparência	6,0 ± 1,16 ^a	5,5 ± 1,72 ^c	5,8 ± 1,63 ^b
Cor	5,7 ± 1,55 ^b	5,9 ± 1,43 ^a	5,8 ± 1,40 ^{ab}
Sabor	5,1 ± 1,43 ^c	6,3 ± 1,79 ^b	7,1 ± 1,52 ^a
Aroma	6,3 ± 1,77 ^b	7,2 ± 1,63 ^a	7,4 ± 1,40 ^a
Avaliação global	6,6 ± 1,89 ^c	7,2 ± 1,55 ^b	7,9 ± 1,43 ^a
Índice de aceitação	72.5%	74.6%	76.6%

Legenda: F1- formulação padrão contendo 100% de malte do milho, F2- formulação contendo 13,23% do malte de milho e 2.5 % do malambe e F3 contendo 11,23% do malte de milho e 5 % do malambe. Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de significância ($P > 0.05$). Notas: 1- Desgostei extremamente, 2-Desgostei

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

muito, 3- Desgostei moderadamente, 4- Desgostei ligeiramente, 5- Nem gostei, nem desgostei, 6-Gostei ligeiramente, 7-Gostei moderadamente, 8-Gostei muito, 9-Gostei extremamente.

Fonte: Autora.

4.2.1. Atributo Aparência

A adição de fruto do embondeiro teve um impacto significativo na aparência das bebidas ($p < 0,05$). As médias das avaliações para o atributo de aparência nas cervejas elaboradas com 100% de malte de milho e nas cervejas com a adição do coadjuvante foram estatisticamente diferentes. No caso das formulações com o coadjuvante de malembe, observaram-se valores médios mais baixos, variando de 5,5 a 5,8, respectivamente, indicando uma aparência ligeiramente menos atraente em comparação com a formulação padrão F1, que obteve uma pontuação média de 6,0, indicando uma aparência agradável. Esse comportamento pode ser atribuído à adição dessa matéria-prima, que aumentou a turbidez, resultando em uma coloração um tanto pálida na cerveja, com a qual os avaliadores provavelmente não estavam familiarizados.

4.2.2. Atributo cor

Já em relação à aceitação da cor das cervejas, as cervejas F1 e F3 não apresentaram diferença significativa, possuindo médias iguais 5.7 e 5.8 respectivamente, com suas médias entre “5 – não gostei nem desgostei” e “6 – gostei ligeiramente”. A cerveja F2 e F3 por sua vez também não apresentaram diferenças significativas entre si com médias que variam de 5.8 e 5.9 respectivamente. Percebe-se que a mais aceita foi a cerveja F2 mais clara, isso pode estar relacionado com o fato de os voluntários estarem habituados a consumirem mais cervejas desse tipo, principalmente Pilsen como consta na pesquisa de perfil dos consumidores, e por estarem menos habituados a consumirem cervejas mais escuras.

4.2.3. Atributo Aroma

No atributo aroma, a interação entre as diferentes proporções de malambe nas formulações das cervejas (0%, 2,5% e 5%) apresentou significância estatística para este atributo avaliado ($p < 0,005$). As bebidas elaboradas com malambe como coadjuvante, com médias de avaliação entre 7,2 e 7,4, não apresentaram diferenças significativas entre si a um nível de 5% de significância. No entanto, em comparação com a cerveja de 100% malte, houve uma diferença significativa a um nível de 5% de significância. Essa diferença pode ser atribuída ao fato de que as cervejas mais fortes continham uma maior proporção de malambe em sua composição, o que provavelmente resultou em uma maior percepção dos componentes aromáticos dessa matéria-prima pelos provadores, devido à sua maior concentração nesse tipo de bebida.

Comportamento semelhante foi observado pelo autor VENTURINI FILHO (2010) ao produzir e analisar sensorialmente cervejas utilizando mel como adjunto de malte. Ele observou que, em relação ao aroma, houve uma maior apreciação por parte dos avaliadores.

Esse padrão de resposta pode estar relacionado ao painel de provadores de referência. As cervejas comerciais do tipo Pilsen são as mais amplamente disponíveis e consumidas no mercado nacional (SOARES, 2019), e a maioria delas é fabricada com malte e adjuntos à base de milho e arroz, que tendem a suavizar as características sensoriais da cerveja, como aroma, sabor e intensidade de cor (ARAÚJO; SILVA; MINIM, 2003).

4.2.4. Atributo Avaliação Global

Quanto a impressão global, a maior aceitação foi da F3, que obteve maior valor de média de diferença significativa de todas as outras com média de 7,9 que representa o nível de aceitação entre “7 – gostei moderadamente” e “8 – gostei muito”. Seguida da F2 e F1 que apresentaram diferença significativa entre si, com médias de 6,6 e 7,2 respectivamente, que demonstra que os participantes gostaram ligeiramente dessas duas formulações. De todas as cervejas, a que obteve menor média da impressão global foi F1, com 6,6, essa nota representa um ligeiro gosto pela cerveja por parte dos participantes que as avaliaram.

Esses resultados colaboram com o estudo desenvolvido por MATOS (2011), que ao avaliar de forma similar, a aceitabilidade de cervejas Pilsen, Pale Ale e uma de trigo de formulações próprias, obteve média global para Pilsen de 4,32 para Pale Ale de 4,52 e para a cerveja de trigo, obteve média de 3,62. Considerando que a nota máxima que se poderia atribuir a cada uma foi igual a 5, pode-se perceber que as cervejas Pilsen e Pale Ale também obtiveram alta aceitação por parte dos provadores.

4.2.5. Índice de aceitação

Na tabela 5 estão apresentados os índices de aceitabilidade das cervejas. A formulação F3 foi a que apresentou maior número de menções positivas entre os provadores com 76.6% seguida da formulação F com a provação de 74.6% dos provadores, enquanto que a formulação F1 teve menor aceitação de todas as amostras avaliadas.

SEGUNDO MINIM (2006), para que um produto seja considerado como aceito em termos de suas propriedades sensoriais é necessário que obtenha um índice de aceitabilidade de no mínimo 70%. Sendo assim, a avaliação sensorial realizada neste estudo demonstrou que em termos do atributo sensoriais todas as formulações foram consideradas aceites, sendo a cerveja com adição de malambe a 5% (F3) apresentando potencial para comercialização.

4.2.7. Intenção de compra

O parâmetro de intenção de compra representa o quanto os provadores estariam dispostos a adquirirem cada cerveja avaliada. Este parâmetro permite determinar os tipos de cerveja com maior potencial de vendas dentre as cervejas avaliadas. Para isso, foi realizado um teste de intenção de compra onde cada provador devesse escolher a cerveja que. Dentre todas as cervejas, e refletindo ao teste de aceitação realizado, a cerveja com maior média de intenção de compra foi a F3 (cerveja de malte de milho com adição de 5% de malambe), com média de 42%, seguida de F2 (com adição de 2.5% do malembe) e por último a F1 (cerveja com 100 % do malte de milho), conforme ilustra o gráfico 4. Essa informação já era esperada pelo facto da cerveja com com adição de coadjuvante (malambe) possuir o maior nível de aceitação em relação a cerveja de 100% malte de milho.

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

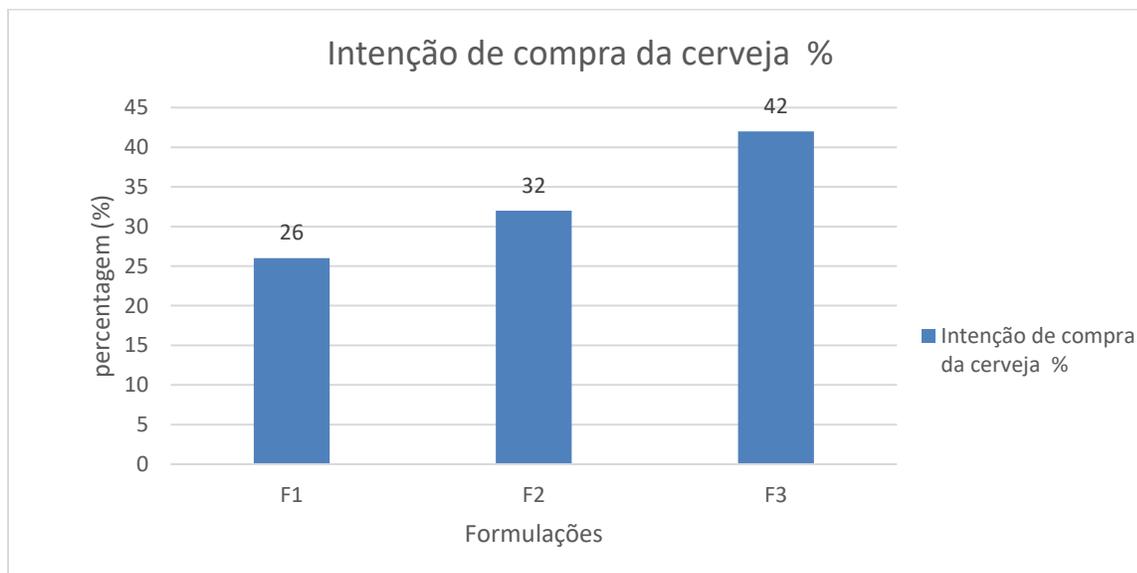


Figura 4:Intenção de compra das cervejas

Fonte: Autora.

Legenda

Onde:

F1: formulação padrão

F2: Formulação com substituição parcial de malte de milho por 2,5% de polpa de malambe

F3:Formulação com substituição parcial de malte de milho por 5% de polpa de malambe

5.0 Conclusão

Com base em estudos e análises realizadas, verificou-se que a adição da polpa de malambe nas diferentes formulações das cervejas, influenciou nos resultados obtidos nas análises físico-químicas a destacar o P^H, Acidez, Sólidos solúveis e teor alcoólico dos diferentes tratamentos.

- ✓ Em relação ao pH, a formulação F3 apresentou o valor mais baixo (2.97), seguida pela F2 (3.68) e F1 (4.0). Isso indica que a adição de malambe influenciou na acidez da cerveja, sendo que quanto maior a proporção de malambe, menor o pH vitando contaminações por bolores, leveduras e bactérias, que são os principais agentes contaminantes.
- ✓ No que diz respeito aos sólidos solúveis, a formulação F1 (100% de malte de milho) apresentou o maior valor (4.8), seguida pela F2 (4.0) e F3 (3.3). Isso indica que a adição de malambe reduziu os sólidos solúveis na cerveja.
- ✓ Quanto ao teor alcoólico, a formulação F3 (30% de malambe) apresentou o maior valor (7.0), seguida pela F2 (6.3) e F1 (4.9). Isso sugere que a adição de malambe aumentou o teor alcoólico da cerveja.
- ✓ Em relação à acidez total, a formulação F3 novamente apresentou o maior valor (6.33), seguida pela F2 (4.60) e F1 (2.83). Isso indica que a adição de malambe aumentou a acidez total da cerveja.

A inclusão de malambe nas formulações (F2 e F3) de cerveja permitiu o aumento significativo em relação aos atributos de cor, °Brix, acidez e grau alcoólico em relação a cerveja sem adição de malambe (F1).

De acordo com os resultados da análise sensorial, F2 e F3 apresentaram boa aceitação dos julgadores, já que não houve diferença significativa em relação aos atributos de aroma e sabor, mediante a isto, pode-se concluir que a cerveja elaborada nesta pesquisa é uma ótima opção para apreciadores de cervejas de frutas silvestres, que buscam inovações e diferenciais, como os utilizados na formulação da referente cerveja.

6.0 Recomendações

1. Realizar análises microbiológicas para garantir a segurança e estabilidade da cerveja produzida com as frutas de embondeiro.
2. Realizar estudos de mercado e análises sensoriais com consumidores para avaliar a aceitação e preferência pela cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro em comparação com outras variedades.
3. Investigar o potencial de uso das frutas de embondeiro em outros tipos de bebidas alcoólicas, como destilados ou coquetéis, ampliando as possibilidades de aplicação desses ingredientes.
4. Realizar estudos sobre os aspectos nutricionais e funcionais das frutas de embondeiro na cerveja, destacando seus benefícios para a saúde.

7.0 Referências Bibliográficas

1. AQUARONE, E., BORZANI, W., SCHMIDELL, W. & LIMA, U. A., 2013. Biotecnologia na produção de alimentos. Em: v. 4, ed. s.l.:s.n.
2. ARAUJO, F., SILVA, P. & MINIM, V. P. R., 2003. Perfil sensorial e composição físico-química decervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro. . Em: *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. s.l.:s.n., pp. 121-128.
3. BARBOSA, P. J. S., 2019. *Cerveja artesanal com uso de frutas*, Minas Gerais: s.n.
4. BATISTA, E. L. D. A., 2021. *Cerveja artesanal: uma revisão sobre o seu processo*. Minas Gerais, Patos De Minas.
5. BEZZI, M. A., 2009. Tribuna. De prima pobre, a cerveja agora é bebida fina.. Em: s.l.:s.n.
6. BIENDL, M. ,. v. 4. 2., 2009. Hops and Health. Master Brewers Association of the Americas Technical Quarterly, Mainburg. Em: s.l.:s.n.
7. BOULTON, C. & QUAIN, D., 2008. *Brewing yeast and fermentation*.. Em: John Wiley & Sons: s.n.
8. BRASIL., 2014. Portaria nº 8 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento . Em: s.l.:Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo Brasília, DF, 22 jan. 2014. Seção 1, p. 13.
9. BRUNELLI, L., MANSANO, A. R. & VENTURINI FILHO, W. G., 2014. Caracterização físico química de cervejas elaboradas com mel.. *Revista Brazilian Journal of Food technology*, 17(1), pp. 19-27, .
10. CARLOS, J., 2015. A Química da Cerveja. *Revista Química Nova na escola*, 37(2), pp. 98-105.
11. CARVALHO, L. G., 2015. *Produção de cerveja*, Rio de Janeiro: s.n.
12. CATARINA, P., 2011. *Múcuca: Super fruto do passado*. Brasil, s.n.
13. CHADARE, F. J., 2010. *Baobab Foods from Benin: Composition, Processing and Quality*, Wageningen : s.n.

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

14. D'AVILA, al., R. & et, F., 2012. Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações.. Em: s.l.:Estudos Tecnológicos em Engenharia, pp. 68-67.
15. DANIELA SOARES, S. C. R. G. d. M. E. M. O., 2019. Aspectos sensoriais e nutricionais da cerveja – comparação entre o processo artesanal e comercial. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 1(8), pp. 14-35.
16. DANIELS, R., 2000. *Designing Great Beers: The Ultimate Guide to Brewing Classic Beer Styles*. Em: s.l.:Brewers Publications.
17. DE ASSIS, H. C. M. G. M. S. T., 2020. componentes e processos produtivos cerveza artesanal. Em: *Cerveja artesanal*. s.l.:s.n., pp. 19-23.
18. DUARTE, S., 2021. *Estudo fitoquímico de Adansonia digitata L. & Acacia*. Lisboa: Copyright ©.
19. FERNANDES, L. M., 2017. *Viabilidade de produção e caracterização de cerveja artesanal com acerola (Malpighia emarginata DC)*. , PARAIBA, JOAO PESSOA: s.n.
20. FLORES, A. B., GRAFF, A. & CORNELIUS, E., 2015. Perfil sensorial e avaliações. *Revista Destaques Acadêmicos*, 7(4), pp. 158-166.
21. FREITAS, G., KUSKOSKI, E. M., GONZAGA, L. & FETT, R., 2006. Avaliação da atividade antioxidante de diferentes cervejas aplicando os métodos ABTS e DPPH.. Em: s.l.:Revista Alimento e Nutrição, Araraquara, pp. 303-307.
22. GONÇALVES, L., 2020. *Produção e avaliação de cerveja artesanal com milho*, São Paulo. Brasil: s.n.
23. IAL, 2015. *Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos*. Brasil: s.n.
24. JUNIOR, A. A. D., VIEIRA, A. G. & FERREIRA, T. P., 2009. Processo de produção de cerveja. . Em: s.l.:Revista Processos Químicos.
25. KEMPKA, A. P., THOMÉ, B. C. & CONTO, R. M., 2017. Produção de cerveja artesanal tipo ale utilizando mel de diferentes floradas como adjunto. *Revista Brazilian Journal of Food Research*, 8(1), pp. 105-125.
26. LAZZARI, L. M., JUNIOR, J. P. V., REFFATTI, F. & BAGNARIOLLI, B., 2009. Produção de Cerveja. *Disciplina de Engenharia Bioquímica* . Em: U. F. d. S. C. Florianópolis, ed. s.l.:s.n.

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

27. LIMA, T. L. B. d. et al., 2018. *Caracterização físico-química da casca de jabuticaba em diferentes estádios fisiológicos*, CAMPINA GRANDE: s.n.
28. LUTZ, I. A., 2008. *Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos*.. 4^a ed. Brasil: s.n.
29. MAE, 2014. *Perfil do distrito de Chokwe, Província de Gaza*., Gaza: s.n.
30. MATOS, R. A. G., 2011. *Produção de cervejas artesanais, avaliação de aceitação e preferência, e panorama do mercado*., Santa Catarina: s.n.
31. MILAGRES, F. C. O., 2019. *Desenvolvimento e caracterização de cerveja artesanal com umbu*, Recife, Pernambuco: s.n.
32. MORADO, R., 2009. Larousse da cerveja. Em: s.l.:São Paulo: Larousse do Brasil, p. 357.
33. MORADO, R., 2017. *Larousse da cerveja*. 1^a ed. São Paulo: Lafonte.
34. OLIVEIRA, F. S. O., 2017. Produção e caracterização de cervejas tipo witbier a partir de malte de trigo e trigo não maltado. Em: s.l.:TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Maranhão UFMA. Imperatriz.
35. PAPAZIAN, C., 2014. *The Homebrewer's Companion*. . Em: s.l.:New York: Harper Collins Publishers .
36. PASTORE, G. M., BICAS, J. L. & JUNIOR, M. R. M., 2013. *Biotecnologia de Alimentos*. Em: s.l.:Atheneu, São Paulo.
37. PEREIRA, A. R. L. S. N. C. d. S. T. d. A. S. V. M. C. M. B. B. E. R. .. & S. L. R. I., 2019. *Determination of bioactive compounds and physicochemical composition of jabuticaba bark flour obtained by convective drying*, BRASIL: s.n.
38. PINTO & F., L. I., 2015. Acerola (*Malpighia emarginata* DC) e Abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) como adjunto no processamento de cerveja: caracterização e aceitabilidade. Em: s.l.:Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza., p. 88.
39. PORTO, P. D., 2011. *Tecnologia de fabricação de malte*, Porto Alegre: s.n.

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

40. RAHUL J, 2015. *Adansonia digitata* L. (baobab): a review of traditional information and taxonomic description, Asia: s.n.
41. REITENBACH, A. F., 2010. Desenvolvimento de cerveja funcional com adição de probiótico: *Saccharomyces boulardii*. Em: s.l.: Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina.
42. RIBEIRO, V., 2013. *Estudo de compostos bioativos presentes em Adansonia digitata e o seu potencial fitoquímico na indústria farmacêutica*, Porto: s.n.
43. ROSA, N. A. A. J. C., 2015. A Química da Cerveja. *Revista Química Nova na Escola*, Volume 37, pp. 98-105.
44. ROSENTHAL, R., 2019. *O que é a maltagem e como funciona seu processo*, s.l.: s.n.
45. SILVA, 2018. *Produção de cerveja com adição de plantas aromáticas*.IV Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos, s.l.: s.n.
46. SILVA, L. R. G., TOLEDO, S. & VARGAS, A. M. P., 2015. Produção de cerveja tipo american pale ale. . Em: s.l.:Revista Científica Univiçosa, pp. 1-6.
47. SILVA, M. J. S. D., 2020. PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL TIPO WEISS ADICIONADA DE MANGA CV. ESPADA. Em: s.l.:TESE DE DOUTORADO ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS, p. 35.
48. SIQUEIRA, P. B., BOLINI, H. M. A. & MACEDO, G. A., 2008. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. Em: s.l.:Alimentos e Nutrição, v. 19, pp. 491-498.
49. SORBO, A. C. A., 2017. *Avaliação das propriedades de uma cerveja artesanal tipo pilsen suplementada com polpa de maracujá*., Botucatu: s.n.
50. STRONG, et al., 2008. Diretrizes de Estilo para Cerveja. Em: s.l.:BJCP - Beer Judge Certification Program.
51. TOZETTO, L., 2017. *Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de gengibre*, Ponta Grossa: s.n.

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante

52. TRINDADE, S., 2016. *Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal*, Santa Maria: s.n.
53. VASCONCELOS, H. P. P. D., 2019. *DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DE UMA FRUITBEER DE PITANGA*, Recife: s.n.
54. VENTURINI FILHO, W. G., 2010. *Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia*,. Em: volume 1 – São Paulo: Blucher: s.n., p. 461.
55. VENTURINI FILHO, W. G., 2010. *Tecnologia de Cerveja*. Funep: Botucatu. Em: s.l.:s.n., p. 83.
56. VERTUANI, S. e. a., 2002. *Antioxidant Capacity of Adansonia Digitata Fruit Polp and Leaves*, Ferrara, Italy: s.n.
57. VIEIRA, G. P., 2013. *Compostos fenólicos, capacidade antioxidante e alcaloides em folhas e frutos (pericarpo, polpa e sementes) de passifloras spp.* Em: Universidade de São Paulo: Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos e Nutrição Experimental), p. 81.
58. VILAÇA, A. C., 2022. *OBTENÇÃO DA TORTA DA POLPA DO COCO MACAÚBA (ACROCOMIA ACULEATA) PARA USO COMO ADJUNTO PARA A PRODUÇÃO DE CERVEJA ESPECIAL E FONTE DE EXTRAÇÃO DE PECTINA*, BELO HORIZONTE – MG: s.n.
59. VOGEL, C., 2017. *Avaliação da adição de pequenas frutas (berries) na produção de cerveja artesanal: análise físico-química, sensorial, compostos fenólicos e antioxidantes..* Em: s.l.:TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Fronteira Sul, Paraná, p. 82.
60. YAMADA, E. A., ALVIM, I. D., SANTUCCI, M. C. C. & SGARBIERI, V. C., 2003. *Composição centesimal e valor protéico de levedura residual da fermentação etanólica e de seus derivados..* *Revista de Nutrição*, 16(4), pp. 423-432.

Apêndices

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante



Apêndice 1: Seleção da Matéria Prima



Apêndice 2: Encharcamento



Apêndice 3: Germinação

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante



Apêndice4: Secagem



Apêndice5: Fervura



Apêndice6: Fermentação

Produção e caracterização físico-química e sensorial de cerveja de milho com uso de frutas de embondeiro (*Adansonia digitata*) como coadjuvante



Apêndice7: Carbonatação



Apêndice8: Produto Final