UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS EM SAÚDE
CURSO DE FARMÁCIA

FERNANDA ABREU PEREIRA

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE CERVEJA ARTESANAL A BASE DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas L.*)

BRASÍLIA, 2025.

FERNANDA ABREU PEREIRA

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE CERVEJA ARTESANAL A BASE DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas L*.)

Monografia de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Farmacêutico, na Universidade de Brasília, Faculdade de ciências e tecnologias em saúde.

Orientadora: Me. Farmacêutica Marta Oliveira de Araújo
Co-orientadora: Profª Dra. Daniela Castilho Orsi

BRASÍLIA, 2025

Ficha catalográfica elaborada automaticamente, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Pereira, Fernanda Abreu

PP436p Desenvolvimento e análise de cerveja artesanal de batata-doce (Ipomoea batatas L.) / Fernanda Abreu Pereira; orientador Marta Oliveira de Araújo; co-orientador Daniela Castilho Orsi. –

Brasília, 2024.

46 p.

Monografia (Graduação – Farmácia) -- Universidade de Brasília, 2025.

1. Batata-doce. 2.Cerveja artesanal. 3. Compostos fenólicos. 4. Atividade antioxidante. 5. Fermentação alcoólica. I. Araújo, Marta Oliveira, orient. II. Orsi, Daniela Castilho, co-orient. III. Título.

FERNANDA ABREU PEREIRA

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE CERVEJA ARTESANAL A BASE DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas L*.)

BANCA EXAMINADORA

_____

Orientadora: Me. Farmacêutica Marta Oliveira de Araújo
(PPGCTS/Universidade de Brasília)

_____

Co-Orientadora: Profª. Drª. Daniela Castilho Orsi
(Membro PPGCTS/Universidade de Brasíla)

_____

Farmacêutica Me. Carla Bilac
(PPGCTS/Universidade de Brasília)

_____

Farmacêutica Me. Letícia Rodrigues
(PPGCTS/Universidade de Brasília)

BRASÍLIA, 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e ao universo que encaixou tudo da forma mais perfeita possível, me sinto particularmente sortuda por cada detalhe encaixado de forma exata.

Grata à Universidade de Brasília por ter me deixado fazer dela minha segunda casa e particularmente agradeço às iniciativas de descentralização de acesso à Universidade em regiões periféricas do Distrito Federal, que possibilitaram a criação da Faculdade de Ceilândia.

À minha orientadora Marta Araújo, nada disso seria possível sem você, você conduziu essa caminhada de 2 anos com uma tranquilidade e suavidade admiráveis, você é exemplo de aluna e profissional que me inspira. A todo momento, literalmente, me senti amparada, muito obrigada por toda ajuda e orientação. Tenho certeza de que seu futuro será cada vez mais brilhante! Agradeço à minha coorientadora, Daniela Orsi, pela constante disponibilidade e pelo valioso apoio.

Agradeço a toda minha família, que é pequena, mas é incrível, minha vó Da Paz, que é a base da família, ao meu avô José e tia Marta, meu padrinho Aquiles, à Dri e Sofia, à tia Suse e tio Rapha, agradeço também a tia Patrícia e Caetano, que antes de partirem, deixaram a Claricinha, Babi e Mari como presente e lembrança constante da vida deles. Agradeço sobretudo ao meu núcleo familiar, meus pais Marcleide e Fernando e minha irmã Natália, que são a base de tudo e fonte de amor incondicional, que acreditam em mim mais do que qualquer um. Mais do que agradecimento, dedico esta e todas as minhas conquistas a vocês.

Especialmente grata à minha panelinha da faculdade Bianca, Cássia, Jussara e Nayara que me acompanharam ao longo destes 6 anos, e com toda certeza, fizeram muita diferença nessa jornada, academicamente e pessoalmente, seja durante nossos tempos livres, seja nas aulas, nos trabalhos, nos almoços no RU, nas tardes na casa da Jus, obrigada por todas as risadas e todo o apoio, foi incrível poder participar da formação de vocês e vê-las se tornarem as farmacêuticas incríveis que vão ser. Tenho muita sorte de tê-las encontrado e digo mais uma vez que vocês são presentinhos que a UnB separou pra mim. E um obrigada a mais pra Jussara que foi minha parceira de bancada neste trabalho e pra Bianca que escutou, e ainda escuta, eu falar da mesma coisa 50 vezes com o maior carinho do mundo.

Aos meus amigos queridos (Millena, Júlia M., Raquel, Pablo, Adriel, Fernanda, Júlia V., Bryan, Isabella, Susana, Beltrão e Gi) que foram fundamentais em várias fases da minha vida, e que ainda são fontes de risadas e companheirismo, são amigos que fizeram parte das minhas experiências e na minha formação de caráter, é muito bom poder partilhar dos momentos com vocês.

Agradeço ao meu namorado e melhor amigo, Thiago Montenegro, que me envolve num abraço carinhoso desde o primeiro dia e me conduz, de olhinhos fechados, num xote leve cadenciado. Te amar me faz ter fé em todas as coisas boas, a ter mais calma e acreditar que as melhores coisas chegam devagarzinho e preenchem tudo, porque já estavam guardadas só esperando o momento certo pra chegarem.

Obrigada a todos que fizeram parte deste processo e me encontro ansiosa para as próximas aventuras que o futuro reserva.

“O amor nos empodera pra viver”

Bell Hooks

RESUMO

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no mundo. No Brasil, as cervejas artesanais têm ganhado espaço por oferecer diversidade de sabores e qualidade do produto. O objetivo deste estudo foi a produção de cervejas artesanais com polpa de batata-doce em sua composição utilizando 50% (p/v) de malte de cevada e 50% (p/v) de batata-doce de polpa amarela,e em seguida, realizar as análises físico-químicas no mosto e na cerveja finalizada. Os resultados mostraram que o mosto apresentou 15ºBrix e 5,85% de açúcares redutores e as cervejas apresentaram 8ºBrix, 1,14% de açúcares redutores e teor alcoólico de 6ºGL. A cerveja apresentou alto teor de compostos fenólicos identificados pelo método de Folin-Denis (de 103,2 a 117,68 mg/100mL). As cervejas apresentaram atividade antioxidante pelos métodos de ABTS 999,00 µM TEAC e DPPH 993,67 µM TEAC. Em comparação com o mosto que apresentou cerca de 90,85mg/100mL para compostos fenólicos, e atividade antioxidante de 850,11 µM TEAC e para ABTS 1174 µM TEAC para DPPH. A proposta de desenvolver uma cerveja de batata-doce tem o intuito de valorizar este insumo de grande importância no contexto nacional e oferecer uma bebida popular com o diferencial da alta atividade antioxidante e assim contribuir com propriedades funcionais que possam trazer benefícios à saúde do consumidor.

Palavras-chave: fermentação, tubérculos, antioxidante, cerveja, fenólicos.

ABSTRACT

Beer is the most consumed alcoholic beverage in the world. In Brazil, craft beers have been gaining ground by offering a variety of flavors and product quality. The aim of this study was to produce craft beers with sweet potato pulp in their composition using 50% (w/v) barley malt and 50% (w/v) yellow-fleshed sweet potato, and then perform physical-chemical analyses on the wort and the finished beer. The results showed that the wort had 15ºBrix and 5.85% reducing sugars, and the beers had 8ºBrix, 1.14% reducing sugars, and an alcohol content of 6ºGL. The beer had a high content of phenolic compounds by the Folin-Denis method (from 103.2 to 117.68 mg/100mL). The beers presented antioxidant activity by the ABTS methods of 999.00 µM TEAC and DPPH of 993.67 µM TEAC. In comparison with it wort, which presented approximately 90.85 mg/100 mL for phenolic compounds, and antioxidant activity of 850.11 µM TEAC and by ABTS of 1174 µM TEAC for DPPH. The proposal to develop a sweet potato beer aims to value this input of great importance in the national context and to offer a popular drink with the differential of high antioxidant activity and thus contribute with functional properties that can bring benefits to the consumer's health.

Keywords: fermentation, tubers, antioxidants, beer, phenolics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lata feita de folha de flandres.....18
Figura 2 - Grãos de cevada.....20
Figura 3 - Lúpulo 21
Figura 4 - Lúpulo em pellets.....22
Figura 5 - Conversão da glicose em etanol e CO2.....22
Figura 6 - Processo de produção da cerveja artesanal 25
Figura 7 - Raízes de batata-doce 26
Figura 8 - Mosturação e fervura do mosto.....31
Figura 9 - Cervejas envasadas.....32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análises físico-químicas do mosto e da cerveja artesanal de batata-doce 35
Tabela 2- Análises antioxidantes do mosto e da cerveja de batata-doce 36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

µM TEAC	Micromolar equivalente de capacidade antioxidante do Trolox
µL	Microlitros
µmol	Micromol
µM	Micromolar
ABTS	2,2'-azino-bis(3-etilbenzontiazolin) 6-ácido sulfônico
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazil
EAG/L	Ácido gálico equivalente por litro
g	Grama
k	Quilos
L	Litros
mEq	Miliequivalentes
mg	Miligrama
Min	Minutos
mL	Mililitros
NaOH	Hidróxido de sódio
nM	Nanomolar
nm	Nanômetro
ºBrix	Grau Brix
ºC	Grau Celsius
ºGL	Grau Gay-Lussac
pH	Potencial hidrogeniônico
SST	Sólidos Solúveis Totais
Trolox	6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico
UV-Vis	Ultravioleta-visível
v	Volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15

2 REVISÃO DE LITERATURA 17

2.1 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DA CERVEJA 17
2.2 DEFINIÇÃO DA CERVEJA 18
2.3 CONSTITUINTES DA CERVEJA 19

2.3.1 ÁGUA 19

2.3.2 CEVADA 20

2.3.3 LÚPULO 21

2.3.4 LEVEDURA 22

2.3.5 ADJUNTOS CERVEJEIROS 23

2.4 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA: MALTAGEM, MOSTURAÇÃO, FERVURA, FERMENTAÇÃO, MATURAÇÃO E ENGARRAFAMENTO 23
2.5 COMPOSTOS FENÓLICOS PRESENTES NA CERVEJA E SUA ATIVIDADE ANTIOXIDANT 25
2.6 PRODUÇÃO DE CERVEJA A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE BATATA-DOCE (*IPOMOEA BATATAS* L.) COMO ADJUNTO CERVEJEIRO 26

3 OBJETIVOS 28

3.1 OBJETIVO GERAL ..... **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... **ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**

4 JUSTIFICATIVA 29

5 MATERIAIS E MÉTODOS 30

5.1 MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DAS CERVEJAS 30
5.2 ELABORAÇÃO DO MOSTO CERVEJEIRO 30
5.3 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA E MATURAÇÃO DA CERVEJA 31
5.4 CARBONATAÇÃO E ENGARRAFAMENTO 31
5.4.1 Determinação do pH e acidez total 32
5.4.2 Determinação do grau alcoólico e do teor de sólidos solúveis totais (SST) 32
5.4.3 Determinação de açúcares redutores 32
5.4.4 Determinação de compostos fenólicos 33
5.4.5 Determinação da atividade antioxidante (DPPH) 33
5.4.6 Determinação da atividade antioxidante (ABTS) 34
5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA 34

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 35

7 CONCLUSÃO 38

REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 39

APÊNDICE 43

APÊNDICE A. CURVA PADRÃO DE GLICOSE (ADNS) 43
APÊNDICE B. CURVA PADRÃO DE ÁCIDO GÁLICO (COMPOSTOS FENÓLICOS)- 44
APÊNDICE C. CURVA PADRÃO DE TROLOX (DPPH).....45
APÊNDICE D. CURVA PADRÃO DE TROLOX (ABTS).....46

1 INTRODUÇÃO

O setor cervejeiro, criado no Brasil em 1853, é um dos mais importantes e tradicionais na economia brasileira, sendo responsável por 1,6% do Produto Interno Bruto (PIB) e empregando mais de 2,7 milhõesde pessoas. A cadeia produtiva do setor cervejeiro abrange desde o agronegócio até áreas de maquinário e construção civil (CervBrasil, 2024).

As cervejas podem ser classificadas em dois grandes grupos, *ale* e *lager*. No processo de fabricação do tipo *ale*, a fermentação ocorre em temperaturas entre 18 e 22ºC por um período de 3 a 5 dias. A cerveja *ale* apresenta geralmente sabor acentuado de lúpulo, pouca acidez e o teor alcoólico que varia de 4 a 8%. Já as do tipo *lager* são produzidas por leveduras de baixa fermentação, a temperatura para esse tipo de fermentação varia entre 7 e 15°C e esse processo pode levar de 7 a 10 dias. A cerveja tipo *lager* se caracteriza por apresentar cor clara, sabor suave e teor alcoólico entre 3 e 5% (Silva *et al.*, 2015).

O mercado de cervejas artesanais está se expandindo, visto que o número de cervejarias registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) apresentou na última década um crescimento de 26,5% ao ano (Brasil, 2023). Essas cervejas, conhecidas como especiais, destacam-se pela alta qualidade e por atenderem a um público exigente em suas escolhas de consumo. Em geral, o produtor de cerveja artesanal ao invés de produzir em grande escala, tem como diferencial uma produção menor, porém com qualidade (Ramos e Pandolfi, 2019).

O aumento do consumo de cerveja artesanal vem contribuindo para que os consumidores se interessem por variedades de cerveja que sejam diferentes da forma tradicional preparada a partir de cevada maltada. Esse interesse crescente torna necessário explorar diferentes adjuntos cervejeiros que ofereçam características únicas para a produção de novas cervejas (Jesús Callejo *et al.*, 2020).

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma hortaliça muito versátil quanto às possibilidades de uso e a polpa dessas raízes tuberosas apresenta carboidratos, compostos fenólicos, betacaroteno (uma substância precursora da vitamina A), vitaminas C, do complexoB e E, além de minerais como potássio, cálcio e ferro (Embrapa, 2021). Assim, a utilização da batata-doce é uma fonte de carboidrato que

pode ser inovadora como adjunto cervejeiro e contribuir com novas características sensoriais da bebida (Panda *et al.*, 2015).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DA CERVEJA

A cerveja é atualmente a bebida alcoólica mais consumida no mundo. O nome cerveja vem do latim *cerevisia*, sendo uma homenagem a Ceres, deusa da fertilidade e da colheita de cereais. Há indícios de que os povos mesopotâmicos utilizavam a cerveja como forma de pagamento e moeda, e acredita-se que o mesmo ocorria com os povos egípcios (Eblinger, Narzib, 2012).

Em 1040 a primeira cervejaria comercial foi fundada na Baviera, Alemanha onde a produção de cerveja se tornou um empreendimento comercial criado pelos monges. Tempos depois, o lúpulo foi introduzido pelos monges nas receitas de cerveja por possuir propriedadesde conservação e por conferir um amargor característico da bebida e equilibrar a doçura com notas florais e herbais a cítricas e resinosas a depender do tipo de lúpulo. O primeiro registro de cerveja produzida com lúpulo data do ano de 1412 (Hughes, 2016).

Em 1516 a Lei da Pureza da Cerveja, ou "*Reinheitsgebot*" foi criada na Baviera. Essa lei determinava que os únicos ingredientes permitidos na fabricação de cerveja eram cevada, lúpulo e água pura. Em 1870 o cientista francês Louis Pasteur, o precursor no processo de pasteurização, aplicou seu método pela primeira vez na produção de cerveja, e assim, a levedura foi acrescentada à lista de ingredientes permitidos. Pouco tempo depois, na região europeia, as cervejarias passaram a adotar o processo de pasteurização como padrão em sua linha de produção (Hughes, 2016).

No Brasil, o consumo de cerveja teve seu início durante o século XIX, com a chegada de D. João VI, o qual trouxe consigo esta prática e a disseminou durante a permanência da família real portuguesa em território brasileiro. Nessa época, a cerveja consumida no Brasil era proveniente de países europeus. Em 1888, foi fundada na cidade de Rio de Janeiro, a Manufatura de Cerveja Brahma pela empresa Villigier e Cia. Alguns anos depois, em 1891, a Companhia Antártica Paulista foi criada na cidade de São Paulo. Desta forma a produção nacional passou a competir com a cerveja importada, oferecendo um menor custo, porém com uma qualidade inferior (Hughes, 2016; Venturi *et al*., 2001).

No Brasil, em 1967 surgiu a Cervejaria Skol, que foi a primeira fabricante a produzir cervejas em latinhas, que eram feitas a partir de folhas de flandres um material laminado feito de aço e revestido de estanho em ambas as faces. E em 1980 foi criada a Cervejaria Kaiser. No ano de 1999, houve a junção da Cia. Antactica Paulista e da Cervejaria Brahma para criação da AmBev (American Beverage Company). Posteriormente, em 2004, a junção da Ambev com a Interbrew origina InBev, maior produtora mundial de cerveja e em 2008, adquirindo a Budweiser, se torna AB InBev (Morado, 2017).

Figura 1. Lata feita de folha de flandres.



Fonte: Skol – nossa história (2025)

Segundo o Anuário da Cerveja disponibilizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) o Brasil ocupa a terceira posição no ranking dos maiores produtores de cerveja do mundo, atrás apenas da China e dos Estados Unidos. No ano de 2022 o país teve 1.729 cervejarias registradas, configurando uma expansão de mais de 4000% em comparação com o início do século XX (Brasil, 2023).

2.2 DEFINIÇÃO DA CERVEJA

A legislação brasileira define a cerveja como “a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro. A cerveja poderá ser

adicionada de ingrediente de origem vegetal, de ingrediente de origem animal, de coadjuvante de tecnologia e de aditivo a serem regulamentados em atos específicos. Os adjuntos cervejeiros e qualquer outro ingrediente adicionado à cerveja integrarão a lista de ingredientes constante do rótulo do produto" (Brasil, 2019, Brasil, 2014, Brasil, 2009).

2.3 CONSTITUINTES DA CERVEJA

A Lei da Pureza (*Reinheitsgebot*) foi uma norma (aprovada em 23 de abril de 1516 na Baviera, Alemanha) que instituiu que a cerveja deveria ser fabricada apenas com os seguintes ingredientes: água, cevada (malte), lúpulo e levedura (Eblinger, Narzib, 2012).

2.3.1 Água

A água é o principal constituinte da cerveja respondendo por pelo menos 92% de sua composição. Para cada litro de cerveja produzida industrialmente é gasto em média 10 litros de água, considerando todas as etapas do processo (Lima, Filho, 2011).

Obrigatoriamente a água utilizada para fabricar cerveja deve ser potável, insípida e inodora para não interferir no sabor e aroma da cerveja. Além de satisfazer os requisitos de uma água potável, a água a ser utilizada na fabricação da cerveja deve também apresentar características específicas, tais como pH apropriado (sendo a faixa ideal para a produção de cerveja entre 6,5 a 7,0, variando de acordo com o tipo de cerveja a ser produzido) e uma concentração adequada de sais minerais como o cálcio, variando entre 50 a 150mg/L. (Venturini Filho *et al.*, 2001; Palmer, 2013).

O nível de cálcio na água é importante para a estabilidade e sabor da cerveja. O cálcio estimula a ação enzimática das proteases e amilases, aumentando assim, o teor de carboidratos fermentáveis e compostos nitrogenados no mosto. Os diferentes sais minerais presentes na água levaram os grandes centros cervejeiros a desenvolverem tipos específicos de cerveja. Dessa forma a água com maior dureza (elevado teor de cálcio) tem sua associação com cervejas mais amargas e a água que

apresenta menor teor de cálcio é apropriada para fabricação de cervejas de sabor adocicado. Além do cálcio, outros minerais como magnésio, zinco, cloretos, sulfatos e bicarbonatos presentes na água ajudam no equilíbrio das reações enzimáticas e melhoram o sabor da cerveja (Venturini Filho *et al.*, 2001).

2.3.2 Cevada

O malte utilizado na fabricação de cerveja é obtido a partir de grãos de cevada de variedades selecionadas especificamente para esta finalidade (Figura 1). A cevada é uma gramínea da espécie *Hordeum vulgare*, sendo o quarto cereal mais cultivado no mundo depois do trigo, milho e arroz. O cultivo da cevada se dá tradicionalmente em regiões de clima temperado, sendo que o Brasil importa cerca de 60% de todo o malte utilizado na fabricação de cerveja (Censi, 2019).

Figura 2. Grãos de cevada



Fonte: AgroNovass (2015).

A composição da cevada em peso seco é de 70-85% de carboidratos (dos quais o amido corresponde a 50-63%), 7-13% de proteínas e 1-1,5% de lipídios (Censi, 2019). A produção brasileira de cevada se concentra principalmente nos três estados da Região Sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná). Fatores como clima, genética e manejo são determinantes para produção de cevada com padrão de qualidade para malteação, principalmente quando se relaciona à sanidade e tamanho dos grãos, teor de proteína e poder germinativo (Embrapa, 2023).

No processo de fabricação de cerveja, a cevada precisa passar pelo processo de maltagem, que consiste na germinação controlada dos grãos para

desenvolver as enzimas responsáveis, posteriormente, por converter o amido em açúcares fermentescíveis e solubilizar as proteínas durante o processo de produção do mosto cervejeiro. Portanto, o malte é o grão de cevada que foi submetido a um processo de germinação controlada, tornando-o mais macio e solúvel (Mallett, 2014).

2.3.3 Lúpulo

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é uma trepadeira perene cultivada principalmente regiões de clima temperado (Estados Unidos e países do norte da Europa), cujas flores fêmeas apresentam grande quantidade de resinas e lupulina, que é um composto de sabor amargo. A composição do lúpulo também conta com polifenóis com propriedades antioxidantes e óleos essenciais. O lúpulo tem função aromática e de propiciar o sabor amargo característico da cerveja. Os cachos florais são colhidos da trepadeira e as flores são secas e comercializadas principalmente na forma de pellets (Guimarães, 2021).

Além disso, o lúpulo possui a propriedade de reduzir a formação de espuma durante a fervura do mosto e atua como agente bacteriostático, contribuindo para a estabilidade microbiológica e físico-química da cerveja (Delcor, 2019). A figura 2 apresenta as inflorescências femininas do lúpulo e a figura 3 os cachos florais secos processados na forma de pellets.

Figura 3. Lúpulo



Fonte: Lamas Brew (2024)

Figura 4. Lúpulo em pellets



Fonte: Jornal USP (2021)

2.3.4 Levedura

As leveduras utilizadas no processo cervejeiro tem como função principal a conversão de açúcares fermentescíveis, como a glicose, frutose, sacarose, maltose e maltotriose em etanol e gás carbônico (Figura 4), este é um processo exotérmico e é realizado devido à presença de enzimas (como as enzimas da via glicolítica, a piruvato descarboxilase e a álcool desidrogenase). Este processo fermentativo é realizado por enzimas que promovem reações que transformam a glicose ($C_6H_{12}O_6$) em etanol (CH_3CH_2OH) e gás carbônico (CO_2), e e menor quantidade em outros subprodutos (como glicerol, acetaldeído, butilenoglicol, além de ácidos orgânicos como o succínico, acético e pirúvico) (Lima & Filho, 2011).

Figura 5. Conversão da glicose em etanol e CO2

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2 + 33\,cal$$

Fonte: Lima & Filho (2011).

As espécies de leveduras mais comuns utilizadas na indústria cervejeira são as do gênero Saccharomyces, como a *Saccharomyces cerevisiae* (levedura de alta fermentação), a *Saccharomyces uvarum* e a *Saccharomyces pastorianus* (leveduras de baixa fermentação) (Beer Maverick, 2023).

2.3.5. Adjuntos cervejeiros

A utilização de adjuntos cervejeiros pode ter o objetivo de reduzir os custos de produção, sobretudo em relação à utilização do malte de cevada. Os adjuntos cervejeiros conferem características desejáveis ao produto, e atuam diluindo os níveis de nitrogênio e compostos fenólicos do malte (Araújo, 2016). Alguns dos adjuntos mais utilizados na fabricação de cervejas são o milho, arroz e cereais não maltados, como trigo e aveia (Giorgi, Junior, 2016).

Os adjuntos cervejeiros como especiarias, frutas e tubérculos podem ser explorados com o objetivo de produzir cervejas com sabores e aromas diversos (Silva, Silva, 2021), o que faz com que a cerveja adquira características interessantes e inigualáveis.

2.4 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA: MALTAGEM, MOSTURAÇÃO, FERVURA, FERMENTAÇÃO, MATURAÇÃO E ENGARRAFAMENTO

Para iniciar o processo de fabricação de cerveja, primeiro é necessário obter o malte, e para isso, a cevada passa por um processo de germinação controlada. Então, malte é um termo técnico utilizado para definir a matéria-prima resultante da germinação de qualquer cereal sob condições controladas. O objetivo deste processo é desenvolver enzimas e modificar o amido tornando-o mais macio e solúvel (Mallett, 2014).

A maltagem se divide em três etapas principais, descritas como: 1) operações preliminares de molha ou maceração, 2) germinação e 3) secagem. As operações preliminares envolvem a limpeza, onde a cevada fica livre de impurezas provenientes da colheita. Após a molha dos grãos selecionados, inicia-se a germinação e usualmente essa etapa é encerrada quando acontece o aparecimento da radícula. O tempo requerido nesta fase pode variar de três a seis dias dependendo dos equipamentos utilizados (Martins, Rodrigues, 2015).

O processo de secagem dos grãos de malte é realizado após o processo de germinação, e esta fase ocorre em secadores, que são compartimentos específicos com o fundo falso e perfurado para permitir a passagem do ar. A secagem é dividida

em três etapas com diferenciação quanto às temperaturas: variações de 49–60°C para 70°C e 88–100°C,desta forma a umidade dos grãos diminui de 45% para 4-5% no malte de cerveja lager e 2-3% no malte de cerveja ale. É nesta fase que se incorpora a maior parte do sabor característico do malte ao grão (Oetterer, Alcarde, 2006).

A partir disto, o processo de fabricação de cerveja é dividido nas etapas de: mosturação, fervura do mosto, fermentação, maturação e engarrafamento. A mosturação consiste em misturar o malte moído e água em temperatura gradual e controlada até atingir 75ºC. Quando a temperatura estiver a 50°C, estarão agindo as proteases, na temperatura de 60–65°C ocorre à sacarificação do amido gelificado pela β-amilase e a 70-75°C ocorre a dextrinização do amido pela α-amilase. O produto final da mosturação é o mosto cervejeiro (Carvalho, 2007).

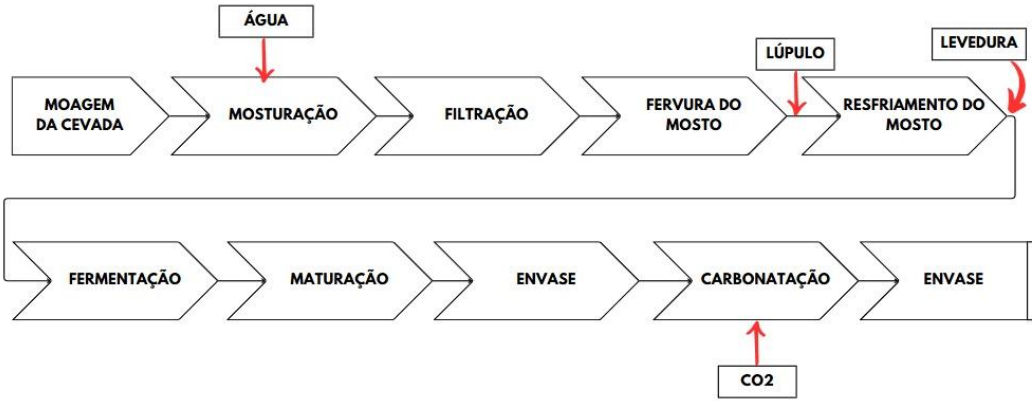
Após a mosturação, é realizada a filtragem, em que a parte sólida que contém os resíduos de cevada são separados da parte líquida. Posteriormente, a parte líquida recebe a adição de lúpulo e é fervido por uma hora (Carvalho, 2007). Os óleos essenciais do lúpulo são voláteis, podendo ser perdidos durante a fase da fervura do mosto, assim, os cervejeiros adicionam a fração de lúpulo mais rica em compostos aromáticos apenas na fase final da fervura, a fim de preservar o aroma da cerveja (Durello *et al.*, 2019).

Em seguida, o mosto é resfriado para que seja inoculada a levedura cervejeira, nesta fase é quando acontece a fermentação principal durante sete a 12 dias, em que as leveduras utilizam os açúcares como fonte energética e assim produzem CO_2 e álcool. Posteriormente, a cerveja passa pelo processo de maturação, um repouso prolongado da cerveja a temperaturas baixas (0 a 3 ºC durante um período de 15 a 60 dias), que contribui para a clarificação, ou seja, limpidez da cerveja e melhoria do sabor final (Carvalho, 2007).

As etapas de filtração e carbonatação fazem parte do acabamento da cerveja. A filtração tem a função de remover as impurezas que não foram decantadas, e assim, proporciona a limpidez do produto. Como o teor de CO_2 apresentado pela cerveja muitas vezes não é suficiente para se adequar ao padrão estabelecido, é necessário então que seja feita a carbonatação, injetando-se gás carbônico (Aizemberg, 2015).

A figura 5 ilustra um fluxograma do processo de produção de cerveja artesanal, detalhando todos os processos mencionados anteriormente:

Figura 6. Processo de produção da cerveja artesanal



Fonte: Autoria própria (2024).

2.5 COMPOSTOS FENÓLICOS PRESENTES NA CERVEJA E SUA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os compostos fenólicos são estruturas químicas que apresentam hidroxilas e anéis aromáticos, nas formas simples ou de polímeros, o que lhes confere propriedades antioxidantes. Estes compostos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além disso se formam em condições de estresse como infecções, ferimentos e radiações UV. Os compostos fenólicos são os antioxidantes dietéticos mais abundantes nas frutas e vegetais (Lin *et al.*, 2016).

Os compostos fenólicos presentes nas plantas desempenham funções essenciais no sistema de defesa, pois são capazes de retardar reações químicas devido às suas propriedades antioxidantes, isto é, interrompem cadeias de reações químicas mediadas por radicais livres, que são altamente reativos e promovem a oxidação de moléculas, desta forma, os compostos fenólicos inibem a oxidação e retardam danos celulares (Domenico *et al*., 2020).

Na composição química da cerveja é possível identificar vários tipos de substâncias, como carboidratos, vitaminas, proteínas, minerais, etanol e, em menor proporção, compostos fenólicos. A atividade antioxidante dos compostos fenólicos na cerveja influencia a qualidade sensorial da bebida, além de retardar as alterações de sabor e aroma durante o armazenamento na garrafa, ou seja, auxiliam na manutenção

da estabilidade oxidativa da bebida (Silva, Silva, 2021). Os compostos fenólicos da cerveja têm sido associados à diversos benefícios à saúde humana por sua atividade antioxidante (Ambra; Pastore; Luchetti, 2021; Domenico *et al*., 2020).

Estudos epidemiológicos relacionaram o consumo a longo prazo de alimentos ricos em polifenóis e prevenção de doenças relacionadas ao estresse oxidativo, como câncer, diabetes, doenças degenerativas e cardiovasculares. Desta forma, a atividade antioxidante e o teor de polifenóis da cerveja associado ao seu baixo teor alcoólico são fatores relevantes na avaliação da qualidade nutricional da cerveja. O consumo moderado de cervejas com alta concentração de compostos fenólicos está associado ao aumento da atividade antioxidante e anticoagulante do plasma sanguíneo (Nardini, Foddai, 2020).

2.6 PRODUÇÃO DE CERVEJA A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* L.) COMO ADJUNTO CERVEJEIRO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) (Figura 7) é um vegetal nutritivo que pode ser encontrado facilmente durante todo o ano no Brasil. É uma espécie que pode ser considerada uma das fontes de segurança alimentar como cultura de subsistência de populações, principalmente daquelas situadas em regiões pobres. A cultura da batata-doce ocupa o sexto lugar entre as hortaliças mais plantadas no Brasil, sendo cultivada em todas as regiões do país. Embora em seu cultivo seja utilizado pouca tecnologia, o índice de produtividade da batata-doce tem sido crescente nos últimos anos, podendo chegar a 60 toneladas por hectare (Embrapa, 2021).

Figura 7 - Raízes de batata-doce



Fonte: Tecnovest

A batata-doce apresenta importante valor nutricional, sendo considerada uma fonte de beta-caroteno e ainda apresenta grande quantidade de amido, vitaminas do complexo B, flavonoides, glicosídeos e terpenoides (Embrapa, 2021).

Parte do malte de cevada pode ser substituída por adjuntos cervejeiros, sendo uma fonte secundária de carboidratos para oprocesso de fermentação, podendo assim, reduzir parcialmente os custos de produção. A batata-doce apresenta ótima produção de biomassa e carboidratos por unidade de área, o que faz desta hortaliça uma excelente fonte de amido visando à produção de etanol (Echer, Creste, Torre, 2015).

O crescente consumo de cerveja artesanal aumentou o interesse do consumidor em variedades de cerveja que diferem dos métodos tradicionais de preparação, necessitando da busca por substratos potenciais únicos e interessantes economicamente para a produção de cerveja. Portanto, utilizar a batata doce como fonte de carboidratos pode servir como uma alternativa inovadora para a fabricação de cervejas e ainda conferir novas propriedades sensoriais às bebidas (Panda *et al*., 2015).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal desse estudo foi realizar a produção de uma cerveja artesanal com 50% (p/v) de malte e 50% (p/v) de batata-doce.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir cerveja artesanal com 50% (p/v) de malte e adição de 50% (p/v) de batata-doce.
- Realizar análises físico-químicas do mosto e da cerveja obtida (ph, acidez total, grau alcoólico, teor de sólidos solúveis, açúcares redutores e compostos fenólicos)
- Analisar a atividade antioxidante do mosto e da cerveja obtida pela método DPPH e ABTS.

4 JUSTIFICATIVA

A indústria cervejeira está intimamente vinculada com o desenvolvimento do país, desde a agricultura ao varejo, este setor emprega cerca de 2,7 milhões de pessoas e mobiliza aproximadamente 8 milhões de profissionais das mais diversas áreas, sendo o Brasil o 3º maior produtor de cerveja do mundo, atrás apenas da China e Estados Unidos (CervBrasil, 2024).

A batata-doce trata-se de uma matéria-prima de baixo custo e possui considerável atividade antioxidante, podendo ser inovadora como adjunto cervejeiro e contribuir com o aumento da atividade antioxidante da cerveja, o que a torna um produto que se consumido com moderação pode trazer efeitos benéficos à saúde do consumidor.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Todo o processo de produção da cerveja e análises foram realizadas no Laboratório Multidisciplinar III da Faculdade UnB Ceilândia no Distrito Federal, durante o período de fevereiro de 2022 a setembro de 2023.

5.1 MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DAS CERVEJAS

Para a produção de cerveja foram utilizadas as seguintes matérias primas: levedura cervejeira *Saccharomyces cerevisiae* (Fermentis®), malte tipo Munich Castle e Pale Ale e lúpulos tipo Citra e Saaz. As raízes de batata-doce foram adquiridas em supermercados do Distrito Federal no período de fevereiro de 2022. No laboratório, as batatas-doces foram sanitizadas em hipoclorito de sódio na concentração de 2,5% durante 10 minutos e lavadas em água corrente antes do uso. As batatas-doces foram cozidas em micro-ondas por volta de 10 minutos e depois descascadas. A polpa cozida foi triturada com água mineral na proporção de 1:1.

5.2 ELABORAÇÃO DO MOSTO CERVEJEIRO

Para a elaboração do mosto cervejeiro, iniciou-se o processo de mosturação, acrescentando-se a polpa cozida e triturada de batata-doce (2,5 kg) em água mineral com o malte moído (2,5 kg) em água mineral (5 litros) aquecida a 75°C. O aquecimento foi mantido constante por aproximadamente 1 hora e meia para garantir a adequada conversão dos amidos em açúcares. Após a mosturação, o bagaço de malte foi lavado com 3 litros de água a 80ºC. O processo de lavagem é um importante passo, pois favorece o máximo de extração de açúcares que ainda estejam presentes no bagaço de malte. Então o mosto foi separado do bagaço de malte e seguiu para o processo de fervura por 1 hora e durante essa etapa foi realizada a adição dos lúpulos tipo Citra (10 g) e Saaz (10 g), totalizando 20 g de lúpulo (Figura 8).

Após a etapa de fervura, o mosto foi filtrado com o auxílio de uma peneira de aço inox para retirar o restante de resíduos de lúpulo e cascas de malte. O mosto foi submetido a um resfriamento através de um trocador de calor até chegar à temperatura ambiente, em seguida acondicionado em fermentador para seguir para a etapa de fermentação alcoólica.

Figura 8 - Mosturação e fervura do mosto



Fonte: Acervo pessoal (2023)

5.3 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA E MATURAÇÃO DA CERVEJA

O processo de fermentação alcoólica foi iniciado com a adição de levedura seca *Saccharomyces cerevisiae* Ale US 05 Fermentis® previamente hidratada (0,7 g/litro) ao mosto. A fermentação primária ocorreu por 7 dias em temperatura ambiente, e ao fim deste processo, as leveduras que se sedimentaram no fundo foram removidas com auxílio de uma peneira. Para a maturação, o recipiente com a cerveja recém-fermentada foi armazenado em um refrigerador a 5ºC por 15 dias.

5.4 CARBONATAÇÃO E ENGARRAFAMENTO

Após o período de maturação, as cervejas foram alocadas em garrafas de vidro âmbar de 600 mL. Em seguida, para a carbonatação, foi adicionado xarope de glicose (1 g/litro) e uma suspensão de leveduras (0,2 g/litro). As cervejas engarrafadas foram lacradas com recravadora comum ou rosqueadas e armazenadas a temperatura ambiente por 15 dias para formação de gás carbônico (Figura 9).

Figura 9 - Cervejas envasadas



Fonte: Acervo pessoal (2023)

5.4.1 Determinação do pH e acidez total

O pH foi medido com o auxílio de um pHmetro digital calibrado Gehaka modelo PG 2000. Para a determinação da acidez total, 10 mL de cerveja foram titulados com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N em cada frasco Erlenmeyer, utilizando 3 gotas de fenolftaleína como indicador (IAL, 2008).

5.4.2 Determinação do grau alcoólico e do teor de sólidos solúveis totais (SST)

Para determinar o teor alcoólico das cervejas, foram destilados 250 mL da amostra. O volume recolhido foi diluído com água destilada até 250 mL para restaurar o volume inicial. Em seguida, utilizou-se o alcoômetro de Gay-Lussac a 20ºC para medir o grau alcoólico (IAL, 2008). O teor de sólidos solúveis (grau Brix) foi obtido por meio de um refratômetro de bancada, também a 20ºC (IAL, 2008).

5.4.3 Determinação de açúcares redutores

A determinação da quantidade de açúcares redutores foi realizada pelo método ADNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico), conforme descrito por Miller em 1959. Para diluir as amostras, foram pipetados 200 µL do mosto e 2,0 mL da cerveja para balões volumétricos de 50 mL, completando o volume com água destilada. Para a realização

da reação em tubos de ensaio, adicionaram-se 500 µL das amostras, 1,7 mL de água destilada e 2,0 mL do reagente ADNS.

As alíquotas foram incubadas em água fervente por 5 minutos e, posteriormente, resfriadas até a temperatura ambiente. A absorbância foi medida a 540 nm em um espectrofotômetro UV-Vis (Quimis® Q898DPT), utilizando água destilada como branco. Uma curva de calibração foi elaborada com glicose (conforme Apêndice A). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

5.4.4 Determinação de compostos fenólicos

A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada utilizando o método de Folin-Ciocalteu (Folin e Denis, 1912). Para isso, inicialmente, preparou-se uma solução saturada de carbonato de sódio (Na_2CO_3) dissolvendo 25 g de carbonato de sódio anidro em 100 mL de água destilada. A mistura foi aquecida a 70ºC em um fogão e, em seguida, armazenada à temperatura ambiente por 24 horas.

Para a análise, foram pipetados 900 µL das amostras previamente diluídas do mosto e da cerveja para tubos de ensaio, adicionando-se 7600 µL de água destilada, 1000 µL da solução de carbonato de sódio e 500 µL do reagente de Folin-Ciocalteu. As amostras foram solubilizadas e deixadas em repouso por 30 minutos à temperatura ambiente. Após esse período, a leitura da absorbância foi feita em espectrofotômetro UV-Vis (Quimis® Q898DPT) a 760 nm, usando água destilada como branco. Uma curva de calibração foi construída com ácido gálico (Apêndice B). Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão em miligramas (mg) de equivalente de ácido gálico (GAE) por 100 mililitros (mL) de amostra (mg GAE.100 mL^{-1}).

5.4.5 Determinação da atividade antioxidante (DPPH)

A avaliação da capacidade antioxidante foi realizada pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila) segundo Kim *et al.* (2002). Neste método, o radical livre DPPH captura hidrogênio na presença de amostras antioxidantes, estabilizando-se e alterando sua coloração de roxo para rosa claro. Para as análises, foram transferidas alíquotas de 0,1 mL de cada amostra diluída (mosto e cerveja) para tubos de ensaio contendo 3,9 mL da solução de DPPH. Os tubos foram mantidos em condições de ausência de luz por 30 minutos. Após esse intervalo, a absorbância foi medida em um espectrofotômetro UV-Vis (Quimis® Q898DPT) a 517 nm, utilizando álcool etílico

como branco. Construiu-se uma curva padrão com concentrações conhecidas de Trolox (6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico) (Sigma-Aldrich) (Apêndice C). Com base na equação da reta da curva padrão, calcularam-se as atividades antioxidantes. Os resultados expressos em μmol de Trolox equivalente·g^{-1}.

5.4.6 Determinação da atividade antioxidante (ABTS)

A atividade antioxidante foi determinada pelo método ABTS (2,2'- azino-bis(3-etilbenzontiazolin) 6-ácido sulfônico), seguindo a metodologia proposta por Re *et al.* (1999). Durante esse processo, os radicais ABTS apresentam capacidade de capturar prótons, indicando o potencial antioxidante das amostras analisadas. Após a captura, os radicais livres estabilizam e mudam de cor de verde escuro para verde claro. Para a análise, foram transferidos 20 μL de cada amostra diluída (mosto e cerveja) para tubos de ensaio contendo 980 μL da solução de ABTS. Os tubos foram mantidos em ausência de luz por 6 minutos. Após esse intervalo, a leitura foi realizada em um espectrofotômetro UV-Vis (Quimis® Q898DPT) a 734 nm, usando álcool etílico como branco. Construiu-se uma curva padrão com concentrações conhecidas de Trolox (6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico) (Sigma-Aldrich) (Apêndice D). Com base na equação da reta da curva padrão, os resultados foram expressos em μmol de Trolox equivalente·g^{-1}.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os resultados foram expressos como média ± desvio padrão, com base nas análises físico-químicas e antioxidantes realizadas em triplicata. A significância estatística foi estabelecida em $p<0,05$. O teste ANOVA foi utilizado para avaliar as diferenças nos valores das médias e o teste de *Tukey foi* utilizado para comparação entre as médias. Os dados foram analisados com o auxílio do *software* STATISTICA®, versão 10.0.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises físico-químicas realizadas tanto no mosto quanto na cerveja deste estudo.

Tabela 1 - Análises físico-químicas do mosto e da cerveja artesanal de batata-doce

Análises físico-químicas	Mosto	Cerveja
pH	5,68 ± 0,03[a]	4,68 ± 0,17[b]
Acidez Total (meq/L)	nd	34,33 ± 5,51
Sólidos solúveis (°Brix)	15,00 ± 0,00[a]	8,00 ± 0,00[b]
Açúcares redutores (%)	5,85 ± 0,05[a]	1,14 ± 0,02[b]
Teor alcoólico (GLº)	nd	6,00 ± 0,00

Legenda: nd = não detectado. As médias na mesma coluna com letras diferentes são significativamente diferentes a p<0,05 de acordo com o teste de Tukey (2023).
Fonte: autoria própria.

A cerveja de batata-doce apresentou um pH de 4,68 e acidez total de 34,33 meq/L, enquanto o mosto apresentou um pH de 5,68. Esta diminuição de pH oferece a vantagem de prevenir o crescimento de microrganismos indesejáveis e é consequência dos ácidos orgânicos e outros subprodutos excretados pelas leveduras durante o processo de fermentação alcoólica, desta forma, é comum observar uma queda no valor de pH entre o mosto e a cerveja, e por conseguinte, ocorre aumento da acidez (Bamforth, 2009).

Nardini e Garaguso (2020) observaram que o pH de cervejas fabricadas com frutas ácidas variou entre 3,71 e 4,86. A batata-doce quando adicionada na composição do mosto não contribuiu para a acidificação deste, uma vez é classificada como um alimento de baixa acidez (alimentos com pH acima de 5,3). Além disso, a acidez é um parâmetro que apresenta grande variação nas cervejas e não existe um valor padrão para esse parâmetro (Taylor, 2015).

O total de todos os sólidos dissolvidos na água é uma medida indireta do teor de açúcares, pois o valor representa o teor dos açúcares e outras substâncias também se encontram dissolvidas (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos). No entanto, dentre estas, os açúcares são os mais representativos, chegando a constituir até 85 – 90% dos sólidos solúveis (Chitarra; Chitarra, 2005). O mosto apresentou teor de sólidos solúveis totais de 15ºBrix e 5,85% de açúcares redutores em comparação com a cerveja, que apresentou 8ºBrix e 1,14% de açúcares redutores. A redução dos

valores deve-se à conversão de açúcares em etanol e gás carbônico pela levedura *Saccharomyces cerevisiae,* que ocorre a partir de enzimas da via glicolítica como, por exemplo, a piruvato descarboxilase e a álcool desidrogenase (Lima & Filho, 2011).

Acerca do teor alcóolico, a Instrução Normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019, em seu artigo 6º estabelece que: III - "cerveja", é aquela cujo conteúdo alcoólico é superior a 2,0% em volume (2,0% v/v) (Brasil, 2019). O teor alcoólico obtido para a cerveja de batata-doce foi de 6,0ºGL ou 6,0% v/v, desta forma, o resultado caracteriza cerveja conforme a legislação. Ao comparar com outros estudos, é possível identificar valores similares, como o obtido por Freire (2018), onde a cerveja elaborada com polpa de atemoia apresentou teor alcoólico de 5,0ºGL.

A Tabela 2 apresenta os resultados do teor de compostos fenólicos da atividade antioxidante do mosto cervejeiro e da cerveja de batata-doce.

Tabela 2. Análises de compostos fenólicos e antioxidantes do mosto e da cerveja de batata-doce

Análises antioxidantes	**Mosto**	**Cerveja**
Compostos fenólicos (mg/100mL)	90,85 ± 1,33[a]	110,44 ± 7,24[b]
DPPH Trolox EQ μmol·g^{-1}	1174,00 ± 21,21[a]	993,67 ± 127,06[b]
ABTS Trolox EQ μmol·g^{-1}	850,11 ± 103,08[a]	999,00 ± 46,66[b]

Legenda: nd = não detectado. As médias na mesma coluna com letras diferentes são significativamente diferentes a p<0,05 de acordo com o teste de Tukey (2023).
Fonte: autoria própria.

A partir dos resultados apresentados é possível observar que ambas as amostras demonstraram teores significativos de compostos fenólicos. O mosto alcançou valor de 90,85 mg/100mL e a cerveja obteve resultado de 110,44 mg/100mL. Ao comparar com o estudo de Freire (2018), os teores de compostos fenólicos dos mostos tipo Pilsen foram menores e variaram de 77,26 a 80,34 mg/100 mL, no entanto, a cerveja elaborada com polpa de atemoia apresentou um maior teor de compostos fenólicos de 111,29 mg/100 mL. Já a o mosto da cerveja elaborada com polpa de uva tinta demonstrou um teor maior de compostos fenólicos com o resultado de 154,19 mg/100 mL, porém este valor decaiu na cerveja finalizada apresentando o valor de 116,71 mg/100 mL (Gomes, 2024).

A polpa de batata doce adicionada ao processo de mosturação resultou em mosto com elevado teor alcoólico, pela maior quantidade de carboidratos adicionados ao mosto e de compostos fenólicos, o que é um resultado esperado, pois a batata-

doce possui elevadas quantidades dessas substâncias antioxidantes, além disso, a cerveja é uma bebida que possui capacidade antioxidante moderada, devido à presença de compostos fenólicos (Ambra; Pastore; Luchetti, 2021; Domenico *et al*., 2020, Panda *et al.*, 2015).

Com relação à atividade antioxidante, os valores obtidos neste estudo para o mosto foram de 850,11 µM TEAC para o método de ABTS e 1174 µM TEAC para o método de DPPH e os resultados para a cerveja foram de 999,00 µM TEAC para o método de ABTS e de 993,67 µM TEAC para o método de DPPH. Freire *et al*. (2020), observaram uma maior atividade antioxidante para a cerveja elaborada com polpa de atemoia que apresentou 2334,03 µM TEAC no método ABTS e 1159,39 µM TEAC no método DPPH e a cerveja elaborada com polpa de sapoti obteve resultados de 1440,58 µM TEAC para ABTS e 842,88 µM TEAC para DPPH.

Desta forma, o uso da batata-doce como adjunto cervejeiro foi capaz de reduzir os custos de produção e conferir o benefício das altas concentrações de compostos antioxidantes na cerveja, assim, o seu consumo moderado pode trazer benefícios à saúde do consumidor.

7 CONCLUSÃO

A produção de cerveja artesanal com a utilização de polpa de batata-doce como adjunto cervejeiro foi realizada com sucesso. Este estudo demonstrou a viabilidade de empregar um insumo de grande relevância no contexto nacional, devido ao seu baixo custo de produção. O uso da polpa de batata-doce como fonte de carboidratos apresenta-se como uma alternativa inovadora na produção de cerveja artesanal, capaz de conferir novas características sensoriais à bebida, além de agregar propriedades funcionais que podem trazer benefícios à saúde quando consumida moderadamente.

REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIZEMBERG, R. **Emprego do caldo de cana e do melado como adjunto de malte de cevada na produção de cervejas**. Tese (Doutorado em Microbiologia Aplicada), Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

AMBRA, R.; PASTORE, G.; LUCHETTI, S. The role of bioactive phenolic compounds on the impact of beer on health. **Molecules**, v. 26, n. 2, p. 486, 2021.

ARAÚJO, G. S. **Elaboração de uma cerveja ale utilizando melão de Caroá [*Sicana Odorífera (Vell.) Naudim*] como adjunto do malte**. Tese (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal da Bahia. Salvador/BA, 2016.

BAMFORTH, C. W. **Beer – A quality perspective**. USA: Elsevier, 2009.

BEER MAVERICK. **Beer Yeast Database: The Complete Guide**. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/publicacoes/anuario-da-cerveja-2022/.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da Cerveja 2022**. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/publicacoes/anuario-da-cerveja-2022/.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 65, de 10 de dezembro de 2019**. **Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria**. Diário Oficial da União. Brasília, 11 dez. 2019. Seção 1. p. 31.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Portaria nº 8, de 17 de janeiro de 2014. **Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) dos produtos de cervejaria no MERCOSUL**. Diário Oficial da União, Seção 1, pág. 13, 2014.

BRASIL. Decreto n. 6871, de 04 de junho de 2009. **Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas**. 2009.

CARVALHO, L. G. **Produção de Cerveja**. Dossiê Técnico. REDETEC- Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro. Rio de janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTc>.

CENCI, I. O. **Caracterização, qualificação e comparação de cevadas irrigadas cultivadas no Cerrado para produção de malte cervejeiro.** 2019. 126 f., Dissertação (Mestrado em Química) — Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

CERVBRASIL. Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/a-cerveja-historia/. Acesso em: 17 jun. 2024.

CHITARRA, M.I.F; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 Ed., Lavras: UFLA, 2005. 783p.

DELCOR, A. L. de A. **Análise técnico-econômica de uma indústria cervejeira artesana**l. 2019. 118 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

DOMENICO, M. *et al***.** Antioxidant effect of beer polyphenols and their bioavailability in dental-derived stem cells (D-dSCs) and human intestinal epithelial lines (Caco-2) cells. **Stem Cells International**, p. 1-13, 9 out. 2020.

DURELLO, R.; SILVA, L.; BOGUSZ JUNIOR, S. Química do lúpulo. **Química Nova**, p. 900-919, 2019.

EBLINGER, H. M.; NARZIB, L. **Beer**. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, v. 5, p. 178-220, 2012.

ECHER, F. R.; CRESTE, J. E.; TORRE, E. DE J. R. DE LA. **Nutrição e adubação da batata-doce**. Presidente Prudente: Ed. do Autor, 2015.

EMBRAPA. **Indicações Técnicas para a Produção de Cevada Cervejeira nas Safras 2023 e 2024.** 33ª Reunião Nacional de Pesquisa de Cevada; Brasília, DF: Embrapa, 2023.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Sistema de Produção de Batata-Doce**. Sistema de Produção Embrapa. 2021.

FOLIN, O.; DENIS, W. **On phosphotungstic-phophomolybdic compounds as color reagents**. The Journal of Biological Chemistry, v. XII, p. 239-243, 1912.

FREIRE, B. R. **Produção de cerveja artesanal com frutas exóticas e avaliação da imobilização de leveduras em micropartículas magneto poliméricas no processo de fermentação alcoólica**. 2018. 91 p., Tese (Mestrado), Universidade de Brasília, 2018.

FREIRE, B. R. *et al.* Caracterização físico-química de cervejas artesanais de atemoia (*Annona cherimoia* Mill. x *Anonna squamosa* L) e de sapoti (*Manilkara sapota* L.). **Agrarian**, v. 13, n. 48, p. 280–287, 2020.

GIORGI, V. V.; JUNIOR, J. O. A Produção cervejeira como patrimônio intangível. **Cultura Histórica & Patrimônio**, v. 3, n. 2, 2016.

GOMES, J. **Produção de cerveja artesanal com polpa de uva tinta (*Vitis vinífera* L.)**. 61 f. Monografia de Conclusão de Curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Ciências e Tecnologia em Saúde, Brasília/DF, 2024.

GUIMARÃES, B. P. **Avaliação do lúpulo (*Humulus lupulus* L.) cultivado no Distrito Federal para uso cervejeiro.** 2021. 84 f., Dissertação (Mestrado em Química), Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

HUGHES, G. **Cerveja feita em casa**. São Paulo: Publifolha, 2016.

IAL, Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 1. ed. digital São Paulo: IMESP, 2008.

JESÚS CALLEJO, M. *et al.* **Craft Beers: Current Situation and Future Trends. New Advances on Fermentation Processes.** IntechOpen; 2020. Available from: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90006

KIM, D-O *et al.* **Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolics phytochemicals**. Journal of Agricultural Food and Chemistry, v. 50, p. 3713-3717, 2002.

LIMA, L.L.A., FILHO, A.B.M. **Tecnologia de Bebidas**. Sistema Escola Técnica aberta do Brasil - e-Tec Brasil, 2011.

LIN, D. *et al.* An overview of plant phenolic compounds and their importance in human nutrition and management of type 2 diabetes. **Molecules**. v. 21, n. 10, p. 1374, 2016.

MALLETT, J. **Malt: a practical guide from field to brewhouse.** 4th ed. Boulder, Colorado: Brewers Publications, 2014.

MARTINS, V.M.R. & RODRIGUES, M.Â. **Produção e tecnologia de cereais: processo de maltagem da cevada.** In: RODRIGUES, M. Â.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J.P.M. Jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio. Livro de atas. Instituto Politécnico de Bragança. p.37-51. 2015.

MILLER, G. L. **Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar**. Analytical Chemistry, Washington, v. 31, n. 4, p. 426, 1959.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Editora Lafonte Ltda., 2009.

NARDINI, M., FODDAI, M. S. Phenolics profile and antioxidant activity of special beers. **Molecules**. 2021.

NARDINI, M.; GARAGUSO, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Food Chemistry**, v. 305, p. 125437, 2020.

OETTERER, M.; ALCARDE, A. R**. Tecnologia da fabricação de cerveja**. In: OETTERER, M.; D'ARCE, M. A. B. R.; SPOLO, M. H. F. Fundamentos de Ciência E Tecnologia de Alimentos. Barueri (SP): Editora Manole Ltda, 2006. 612p.

PANDA, S. K. *et al*. Anthocyanin-rich sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) beer: technology, biochemical and sensory evaluation. **Journal of Food Processing and Preservatio**n, v. 39, n. 6, p. 3040–3049, 2015.

Palmer J, Kaminski C. Water: A Comprehensive Guide for Brewers. Brewers Publications; 2013.

RAMOS, G. C. B., PANDOLFI, M. A. C. A evolução do mercado de cervejas artesanais no Brasil. Revista **Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 480-488. 2019.

RE, R. *et al.* **Antioxidant activity applying an improved ABTS radical Cation de colorization assay**. Free Radical Biology & Medicine, v. 26, n. 9/10, p. 1231–1237, 1999.

SILVA, L.C.; SILVA, J. C**. Estudos Para Produção e Caracterização da Cerveja Utilizando Raízes e Tubérculos**. 12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP – 2021

SILVA, R. M. F.; CHALEGRE, T. S.; CARVALHO, G. B. M. **Estudo do uso do tamarindo como adjunto do malte para produção de cervejas ale e lager**, p. 564-571. *In:* Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, São Paulo: Blucher, 2015.

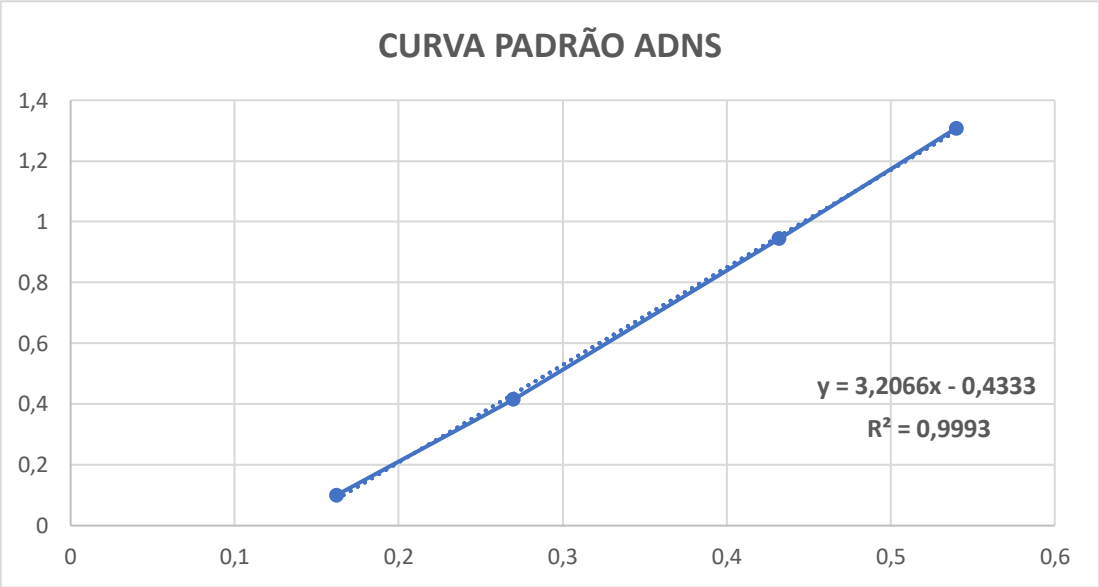
TAYLOR, K. Sour Beers: It's more than just pH. **Craft brewer's conference.** v. 1, n. 1, p. 12-16, 2015.

VENTURINI FILHO, W.A.; CEREDA, M.P. Cerveja. In: AQUARONE, E.; BORZANI W.; SCHMIDELL W.; LIMA; A. U. **Biotecnologia Industrial– Biotecnologia na Produção de Alimentos.** 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher. p. 91-143. 2001.

APÊNDICE

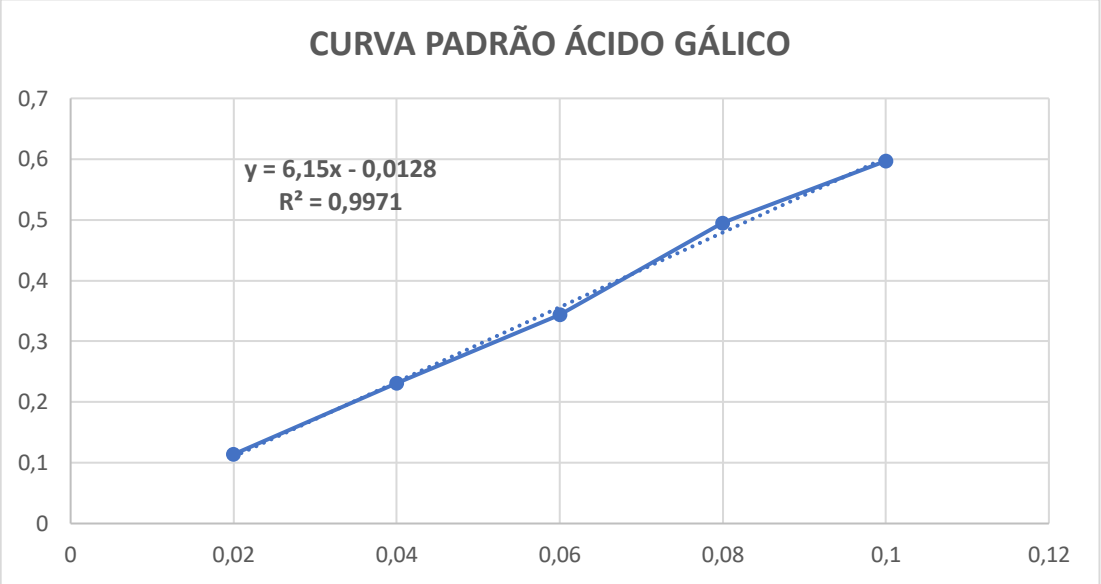
APÊNDICE A. CURVA PADRÃO DE GLICOSE (ADNS)

Água (mL)	Glicose (mL)	ADNS (mL)	Glicose (mg)	Absorbância (540 nm)
0,8	0,2	2	0,162	0,100
0,6	0,4	2	0,270	0,416
0,4	0,6	2	0,432	0,945
0,2	0,8	2	0,540	1,308



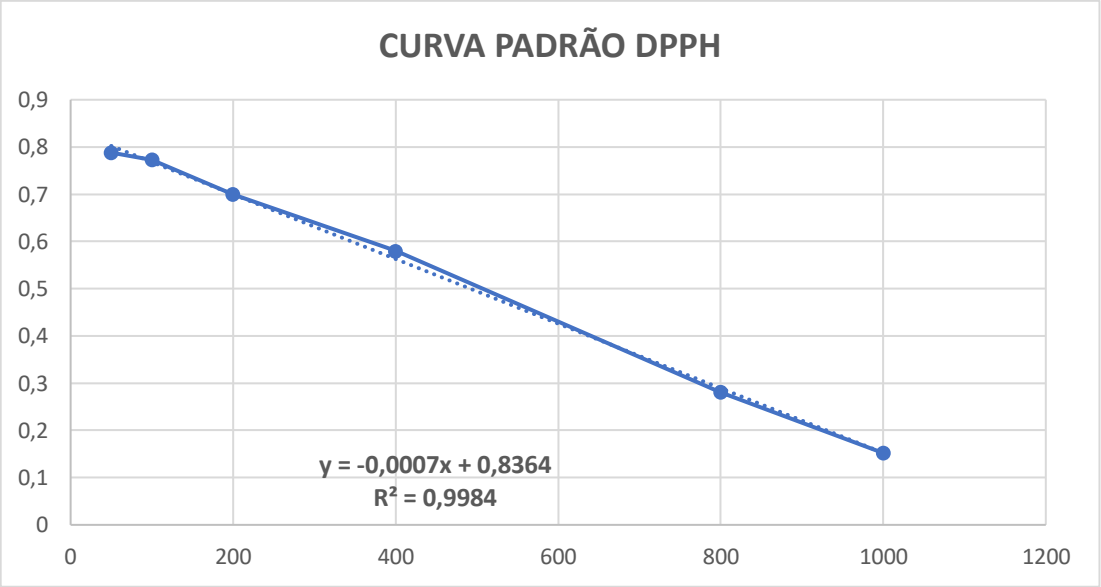
APÊNDICE B. CURVA PADRÃO DE ÁCIDO GÁLICO (COMPOSTOS FENÓLICOS)

Concentração Final (mL)	Absorbância (760 nm)
0,02	0,114
0,04	0,231
0,06	0,344
0,08	0,495
0,10	0,597



APÊNDICE C. CURVA PADRÃO DE TROLOX (DPPH)

Solução Trolox 2 nM (µL)	Álcool Etílico (µL)	Concentração Final (µM)	Absorbância (517 nm)
25	975	50	0,788
100	900	100	0,773
200	800	200	0,700
300	700	400	0,580
400	600	800	0,281
500	500	1000	0,152



APÊNDICE D. CURVA PADRÃO DE TROLOX (ABTS)

Solução Trolox 2 nM (µL)	Álcool Etílico (µL)	Concentração Final (µM)	Absorbância (734 nm)
0,5	9,5	100	0,630
2,5	7,5	500	0,533
5	5	1000	0,369
7,5	2,5	1500	0,268
10	0	2000	0,066

