



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRITO SENSU EM SISTEMA
AGROINDÚSTRIAS**

DAUANY DE SOUSA OLIVEIRA

CERVEJA A PARTIR DO BLEND DE CAJÁ COM BETERRABA

Pombal-PB

2024

DAUANY DE SOUSA OLIVEIRA

CERVEJA A PARTIR DO BLEND DE CAJÁ COM BETERRABA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Sistemas Agroindústrias da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Sistemas Agroindustriais com ênfase em Ciências e tecnologia de alimentos.

Área de Concentração: Ciência e Tecnologia Agroindustriais

Linha de Pesquisa: Sistemas Agropecuários

Orientadores: Prof^ª. D.Sc. Alfredina dos Santos Araújo

Prof^º. D.Sc. Adriano Sant'ana Silva

Pombal-PB

2024

O48c Oliveira, Dauany de Sousa.
Cerveja a partir do blend de cajá com beterraba / Dauany de Sousa Oliveira. –
Pombal, 2024.
99 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Gestão e Sistemas Agroindustriais) –
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar, 2024.

“Orientação: Profa. Dra. Alfredina dos Santos Araújo, Prof. Dr.
Adriano Sant’ana Silva”.

Referências.

1. Cerveja artesanal. 2. Fermentação alcoólica. 3. *Spondias Mombin* L. 4. *Beta Vulgaris* L. 5. Cinética de secagem. I. Araújo, Alfredina dos Santos. II. Silva, Adriano Sant’ana. III. Título.

CDU 663.4 (043)

DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE

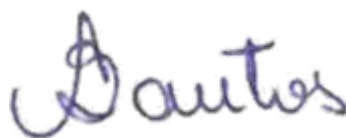
DAUANY DE SOUSA OLIVEIRA

CERVEJA A PARTIR DO BLEND DE CAJÁ COM BETERRABA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de mestre em Sistemas Agroindustriais.

Aprovado em 18 de julho de 2024.

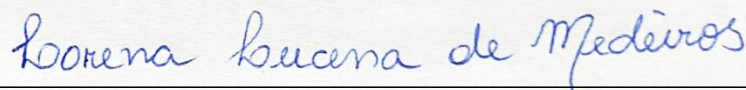
BANCA EXAMINADORA:



Orientadora: Prof^a. D.Sc. Alfredina dos Santos Araújo/UATA/PPGSA/UFCG



Orientador: Prof. D.Sc. Adriano Sant'Ana Silva/PPGSA/UFCG



Examinador Interno: Prof^a. D.Sc. Lorena Lucena de Medeiros/ PPGSA/ UFCG



Examinador Externo: D.Sc. Morgana Aragão Araújo

Pombal-PB

2024

*“Ainda que a minha mente e meu corpo enfraqueçam, Deus é a minha força,
ele é tudo que eu preciso.”
Salmo 73:26*

A Deus por sempre ter me dado forças para passar por cima dos obstáculos, fé para acreditar e vontade para lutar, a minha mãe (Dilenia Maria) por ser minha maior inspiração, a minha filha (Bianca Maria) por ser minha força, a razão de todo meu esforço, meu porto seguro e meu grande amor, ao meu esposo (Franciclaudio) pela força e pelo amor incondicional, minha avó (Ana) e minha irmã (Anne Daiany). Essa conquista é nossa.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre está comigo em todos os momentos da minha caminhada, me protegendo, me iluminando, me dando forças para encarar os desafios e fortalecendo sempre a minha fé e a Nossa Senhora por todo cuidado e interseção sempre que clamei por Ela. Esse sonho foi graças a Ti, meu Senhor.

A minha filha Bianca Maria, você é tudo que tenho de mais preciso, minha calma, meu porto seguro, minha força, a razão de todo meu esforço para lutar todos os dias. Obrigada minha pequena por ser minha motivação nos momentos de fraqueza, pela paciência, pelo carinho, pelo amor, pelos beijos e cheiros mais puros e inocentes. Te amo, filha!

À minha mãe Dilenia Maria e a minha avó Ana Euflausina, por todo amor, cuidado, carinho, dedicação e compressão. Obrigada mãe por me dar suporte com minha filha, mesmo com sua correia. Dedico essa conquista a vocês por serem minha inspiração, por sempre me incentivarem a não desistir.

Ao meu esposo, Franciclaudio por ter segurado minha mão nessa trajetória. Obrigada pelo amor incondicional, cuidado, compreensão, ajuda, incentivo e paciência que foram fundamentais ao meu equilíbrio.

A minha irmã, Anne Daiany, pelo amor, carinho, apoio demonstrado durante a minha trajetória. Obrigada pela irmandade e por sempre acreditar em mim.

Aos meus familiares por todo apoio, em especial as minhas primas Camila Bezerra e Viviane Souza, minha tia Gilda Fernandes, meus tios Denilson Souza e Vinício Souza, aos meus compadres José Nildo e Wila Machado e meu padrasto Francinaldo Gomes por sempre acreditarem em mim, por todo apoio e cuidado durante essa jornada.

Aos meus orientadores D. Sc. Alfredina dos Santos Araújo e D. Sc. Adriano Sant'ana Silva, pelos ensinamentos, apoio, conselhos, paciência, amizade, disponibilidade e contribuições, durante toda minha jornada. Vocês foram fundamentais para a realização desse sonho.

A professora D.Sc. Lorena Lucena de Medeiros e D.Sc. Morgana Aragão Araújo, pela colaboração, disponibilidade e contribuições repletas de conhecimento.

Agradeço em especial a minha amiga e compadre Larissa Pinheiro, pelo amor, carinho, amizade, força, preocupações, pela oportunidade de convivência, conselhos e ajuda em todos os sentidos. Obrigada, pela sua irmandade e por ser um presente de Deus. Que Deus te abençoe sempre, amo sua vida.

Agradeço em especial a Tia Lita Pinheiro, por toda ajuda, amor, carinho, apoio, cuidado, incentivo e conselhos. Obrigada por ser um presente de Deus em minha vida. Que

Deus possa sempre te abençoar.

Aos meus amigos Thamyres Lima, Alison Oliveira e Rosenildo Silva, pelo apoio, amizade e ajuda em todos os sentidos durante essa trajetória.

As minhas colegas de curso Katianne Cristinne e Wisla Kivia pela boa convivência e conversas compartilhadas durante todo tempo.

Aos meus colegas de pesquisa, Eryck Allan, Leandro Pereira e Maria Eugenia pela colaboração na execução do trabalho, satisfação em fazê-lo.

Ao Centro Vocacional Tecnológico pelo suporte. Um agradecimento especial a Jayanne Rodrigues, Maria das Graça e Maria do Rosário pelo apoio, palavras de incentivo e auxílio durante o percurso.

Aos técnicos Joyce, Emmanuel e Vito pela contribuição e disponibilidade pelo uso dos laboratórios, minha gratidão.

À Universidade Federal de Campina Grande, ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, especialmente ao Programa de Pós - Graduação em Sistemas Agroindustriais, pela acolhida;

A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) pela concessão de bolsa de estudos.

A todos os familiares e amigos que contribuíram de alguma forma e não foram citados, minha gratidão!

OLIVEIRA, D. S. **Cerveja a partir do blend de cajá com beterraba**. 2024. 99f. Dissertação (Sistemas Agroindustriais) Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2024.

RESUMO

As cervejas são consideradas uma das bebidas alcoólicas mais apreciadas e de fácil acesso pelos consumidores. Nesse contexto enquadram-se as cervejas artesanais com características únicas, tendo uma ampla diversidade de formulações e adjuntos. Com intuito de aumentar o teor de compostos bioativos e o valor nutricional da cerveja foi adicionada a beterraba e a polpa de cajá, potencializando a bebida com novas propriedades organolépticas, bioativas, nutritivas e funcionais, além de proporcionar baixo teor alcoólico e cor diferenciada. Diante de todo esse contexto, um grande problema enfrentado pelas cervejarias é o manejo dos resíduos gerados durante a produção, sendo descartados de forma incorreta, desperdiçados ou utilizados apenas para alimentação animal. Podendo ser feito o reaproveitamento em diversas formulações alimentícias, devido seu potencial nutricional e bioativo. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial dos compostos bioativos da polpa de cajá e da beterraba em cervejas artesanais durante o armazenamento. Sendo assim, foi realizada a caracterização da polpa de cajá e da beterraba, a cinética de fermentação, armazenamento, caracterização da cerveja final e cinética de secagem, aplicando modelos matemáticos. Na cinética de fermentação os tratamentos 3 e 4 com 4% de beterraba potencializaram o processo, resultando em maior consumo de substrato residual, maior crescimento celular e produziram maiores concentrações de álcool em menor período de tempo. No período de armazenamento os tratamentos com maiores concentrações de beterraba, mostraram maiores teores de compostos bioativos, com exceção dos compostos fenólicos e taninos totais. A utilização da beterraba e da polpa de cajá como adjunto mostrou-se eficiente na cerveja final, proporcionando maiores concentrações de carotenoides, betacianinas, betaxantinas e betalaínas, com teor alcoólico reduzido, variando de 3,6% a 3,8%. Quanto à secagem do resíduo, o modelo de Page foi o que melhor representou o processo, além disso, ocorreu aumento dos bioativos no resíduo trigo e pilsen seco nas temperaturas 50°C e 80°C.

Palavras - chaves: Cerveja artesanal; Fermentação alcoólica; *Spondias Mombin* L.; *Beta Vulgaris* L.; Cinética de secagem.

OLIVEIRA, D. S. **Cerveja a partir do blend de cajá com beterraba.** 2024. 99f. Dissertação (Sistemas Agroindustriais) Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2024.

ABSTRACT

Beers are considered one of the most appreciated and easily accessible alcoholic drinks by consumers. In this context, craft beers with unique characteristics fit in, having a wide range of formulations and adjuncts. In order to increase the content of bioactive compounds and the nutritional value of the beer, beetroot and cajá pulp were added, enhancing the drink with new organoleptic, bioactive, nutritional and functional properties, in addition to providing a low alcohol content and a different color. Given this entire context, a major problem faced by breweries is the management of waste generated during production, which is discarded incorrectly, wasted or used only for animal feed. Therefore, the characterization of the cajá and beet pulp, the fermentation kinetics, storage, characterization of the final beer and drying kinetics were carried out, applying mathematical models. In fermentation kinetics, treatments 3 and 4 with 4% beetroot enhanced the process, resulting in greater consumption of residual substrate, greater cell growth and produced greater concentrations of alcohol in a shorter period of time. During the storage period, treatments with higher concentrations of beet showed higher levels of bioactive compounds, with the exception of phenolic compounds and total tannins. The use of beetroot and cajá pulp as an adjunct proved to be efficient in the final beer, providing higher concentrations of carotenoids, betacyanins, betaxanthins and betalains, with a reduced alcohol content, ranging from 3.6% to 3.8%. Regarding the drying of the residue, the Page model was the one that best represented the process, in addition, there was an increase in bioactives in the dry wheat and pilsen residue at temperatures 50°C and 80°C.

Keywords: Craft beer; Alcoholic fermentation; *Spondias Mombin* L.; *Beta Vulgaris* L., Drying kinetics.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ANOVA – Análise de Variância
- ART – Açúcares Redutores Totais
- BDA– Agar Batata Dextrose
- CFT– Compostos Fenólicos Totais
- CO₂– Dióxido de carbono
- CTM– Contagem total de bactérias aeróbios mesófilos
- DIC– Delineamento em blocos inteiramente casualizados
- DNS – Ácido 3,5 Dinitro Salicílico
- DQM – desvio quadrático médio
- IAL – Instituto Adolfo Lutz
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- R² – Coeficiente de determinação
- RU– Razão de umidade
- RX – Razão do teor de água (adimensional)
- RX_{exp} – Razão de teor de água experimental
- RX_{exp} – Razão do teor de água experimental, adimensional
- RX_{pred} – Razão de teor de água predita pelo modelo
- RX_{pred} – Razão do teor de água predito pelo modelo, adimensional
- SST – Sólidos Solúveis Totais
- UFC– Unidade formadora de colônias
- X – Teor de água, % b.s.
- X_e – Teor de água de equilíbrio, % b.s
- X_i – Teor de água inicial, % b.s
- χ^2 – Qui-quadrado

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Insumos cervejeiros utilizados nos experimentos.	34
Tabela 2- Tratamentos e concentrações utilizadas no estudo da fermentação alcoólica do mosto adicionado de beterraba e polpa de cajá.	36
Tabela 3- Modelos matemáticos para a cinética de secagem.	38
Tabela 4- Resultados médios das análises de Escherichia coli, Fungos Filamentosos e leveduras, Estafilococos Coagulase positiva e Salmonella/25mL da polpa de cajá e da beterraba	40
Tabela 5- Resultados médios da caracterização físico-química e compostos bioativos da polpa de cajá e da beterraba.....	41
Tabela 6- Resultados médios das análises de Escherichia coli, Fungos Filamentosos e leveduras, Estafilococos Coagulase positiva, Salmonella/25mL e Contagem total de bactérias aeróbios mesófilos da cerveja produzida com beterraba e polpa de cajá.	56
Tabela 7- Resultados médios da caracterização físico-química das cervejas produzidas com beterraba e polpa de cajá.	58
Tabela 8- Resultados médios dos compostos bioativos das cervejas produzidas com beterraba e polpa de cajá.	62
Tabela 9- Resultados médios da análise de cor das cervejas produzidas com beterraba e polpa de cajá.	65
Tabela 10- Parâmetros dos modelos matemáticos com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da secagem em estufa do resíduo do malte, trigo e pilsen.	68
Tabela 11- Resultados médios da caracterização físico-química do resíduo trigo e pilsen seco em diferentes temperaturas de secagem.	72
Tabela 12- Resultados médios dos compostos bioativos do resíduo trigo e pilsen seco em diferentes temperaturas de secagem.	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma de obtenção do mosto cervejeiro (Fonte: elaborada pela autora, 2024).	34
Figura 2. °Brix do mosto cervejeiro do processo cinético da fermentação alcoólica. Padrão: não contém beterraba e polpa de cajá. Tratamento 1: 1% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Tratamento 2: 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá; Tratamento 3: 4% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Tratamento 4: 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).	45
Figura 3. Perfil da variação do pH e acidez total titulável do mosto cervejeiro do processo cinético da fermentação alcoólica. Tratamento 1: 1% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Tratamento 2: 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá; Tratamento 3: 4% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Tratamento 4: 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).	47
Figura 4. Cinética fermentativa referente aos experimentos do processo da fermentação alcoólica. Tratamento 1: 1% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Tratamento 2: 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá; Tratamento 3: 4% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Tratamento 4: 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).	50
Figura 5. Compostos fenólicos totais (mg/ 100g) de acordo com os tratamentos e o tempo de armazenamento das amostras de cerveja. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).	51
Figura 6. Taninos totais (mg/ 100g) de acordo com os tratamentos e o tempo de armazenamento das amostras de cerveja. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).	52
Figura 7. Carotenoides (µg/100g) de acordo com os tratamentos e o tempo de armazenamento das amostras de cerveja. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).	53
Figura 8. Betacianinas (mg/100g) de acordo com os tratamentos e o tempo de armazenamento das amostras de cerveja. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).	54
Figura 9. Betaxantinas (mg/100g) de acordo com os tratamentos e o tempo de armazenamento das amostras de cerveja. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).	55
Figura 10. Betalaínas (mg/100g) de acordo com os tratamentos e o tempo de armazenamento das amostras de cerveja. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	CERVEJA	18
3.2	ADJUNTOS CERVEJEIROS	20
3.2.1	Cajá	21
3.2.2	Beterraba	22
3.3	RESÍDUOS CERVEJEIROS	24
3.4	SECAGEM	25
3.5	ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS	28
4	MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1	OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA	31
4.2	OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA BETERRABA (<i>BETA VULGARIS L.</i>) E DA POLPA DE CAJÁ	31
4.3	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	31
4.4	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	32
4.5	COMPOSTOS BIOATIVOS	32
4.6	OBTENÇÃO DO MOSTO CERVEJEIRO E FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA	34
4.6.1	Caracterização Físico-química, Química e Compostos bioativos	36
4.7	ARMAZENAMENTO	36
4.8	PROCESSO DE SECAGEM	37
4.9	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E COMPOSTOS BIOATIVOS	39
4.10	ANÁLISE ESTATÍSTICA	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1	CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS UTILIZADAS	40
5.2	PROCESSO CINÉTICO FERMENTATIVO	45
5.3	ARMAZENAMENTO	50
5.4	CARACTERIZAÇÃO DA CERVEJA COM ADIÇÃO DE BETERRABA E POLPA DE CAJÁ	56
5.5	SECAGEM	67
5.6	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E COMPOSTOS BIOATIVOS DO RESÍDUO CERVEJEIRO SECO EM DIFERENTES TEMPERATURAS DE SECAGEM ..	72
6	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

O mercado de cervejas artesanais no Brasil tem obtido mais destaque nos últimos anos, adquirindo novos apreciadores que buscam por produtos com características específicas com sabores e aromas, muitas vezes exóticos a cerveja, diversificando uma maior proposta de variedade de cervejas (MEDRADO, 2022). À medida que o público se interessa cada vez mais em consumir novos produtos diferentes das cervejas tradicionais, busca-se inovações e estratégias na qualidade sensorial com o objetivo de criar produtos que atendam ao consumidor (CRISPIM; LUIZ, 2021).

Diante das exigências do mercado, além de utilizar ingredientes básicos para elaboração da cerveja, tem apostado numa ampla diversidade de adjuntos e formulações, incluindo tubérculos, frutas, folhas, abóboras, ervas, sementes de diversas plantas, e produtos de origem animal (mel, lactose) para agregar novas propriedades organolépticas e aumentar as concentrações de seus compostos bioativos às bebidas (TOZETTO et al., 2019).

Com o intuito de aumentar as diversas possibilidades de utilização de frutas na fabricação de cervejas artesanais, encontra-se o cajá, fruto nativo do semiárido nordestino, adaptado aos solos pobres e a falta de água, com excelentes características relacionadas ao sabor, aroma e aparência (OLIVEIRA; SOUSA; CUNHA, 2021). O fruto apresenta características nutricionais de grande importância, como também um alto potencial para a produção de bebidas como a cerveja, no entanto o fruto apresenta sabor agridoce, açúcares, vitaminas A, B1, B2 e C, além de ser fonte de antioxidantes devido a elevada concentração de carotenoides (RIBEIRO, 2022).

Nesse contexto, são várias as opções de utilização de insumos possibilitando uma maior disponibilidade de nutrientes, desse modo se destaca os tubérculos que são fonte de energia para extração de pigmentos para uso na indústria alimentícia, dentre eles a beterraba que tem sido utilizado como corante alimentar natural em diversos produtos alimentícios, assim como na produção de alimentos e bebidas funcionais (FOREZI; SILVA; FERREIRA, 2023). É uma hortaliça de raiz tuberosa, de formato globular, que tem sabor adocicado e coloração roxa avermelhada, inclui em suas propriedades importantes compostos bioativos, como betalaínas, fibras, nitrato, ácido ascórbico, carotenoides, ácidos fenólicos e flavonoides (FERREIRA et al., 2018).

Todavia, a cerveja acaba sendo um produto inerentemente instável, pois sua composição sofre constantes alterações durante o armazenamento. Afetando a sua qualidade gradativamente, com vários efeitos tornando-se aparentes. Esses efeitos incluem acúmulo de

aldeídos, redução de compostos amargos (isoácidos), surgimento de névoa permanente e alterações na cor. Em geral, as alterações mais observadas durante o período de armazenamento são a intensificação dos aromas doces e a diminuição do sabor amargo. (DENG et al., 2018).

Diante desse contexto, é importante ressaltar que o resíduo de malte gerado na produção de cerveja, é rico em fibras, proteínas e outros nutrientes, não é amplamente aproveitado pela indústria e acaba sendo destinado à ração animal (VIEIRA, 2021). Dessa forma, o processo de secagem é uma das alternativas viáveis que tem o intuito de conservar e prolongar a vida útil do produto, proporcionando valorização e aproveitamento deste subproduto, possibilitando seu uso em diversas aplicações, contribuindo para a sustentabilidade e economia circular na indústria cervejeira (HAUTRIVE, 2021).

No entanto, sabendo das perdas existentes e que são altamente exploráveis no setor agroindustrial e podem ser aplicados em diferentes produtos e formulações, resultando em alimentos ricos nutricionalmente. Além de atribuir maior valor agregado ao processo tecnológico e ao produto final, visto que o método da secagem vai preservar a qualidade do alimento e as propriedades funcionais existentes do produto obtido.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial dos compostos bioativos da polpa de cajá e da beterraba em cervejas artesanais durante o armazenamento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a composição físico-química, os compostos bioativos e microbiológicos a polpa de cajá e a beterraba;
- Estudar o efeito da concentração da polpa de cajá e da beterraba na cinética de fermentação alcoólica;
- Avaliar e caracterizar os compostos bioativos durante o armazenamento da cerveja adicionada de polpa de cajá e beterraba;
- Caracterizar quanto aos parâmetros físico-químicos, compostos bioativos e microbiológicos a cerveja final produzida;
- Estudar e caracterizar como forma de aproveitamento o resíduo do malte proveniente da produção da cerveja, através do estudo da cinética de secagem.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CERVEJA

A cerveja é uma bebida produzida a partir da fermentação de cereais, sendo considerada uma das bebidas mais antigas consumidas pelo homem. De acordo com o decreto nº 9.902, de 8 de julho de 2019, cerveja consiste na bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro. A cerveja poderá ser adicionada de ingredientes de origem vegetal e animal, de coadjuvante de tecnologia e de aditivo a serem regulamentados em atos específicos (BRASIL, 2019).

No Brasil, este crescimento levou a um aumento no número de micro e pequenas cervejarias. As microcervejarias tem um excelente potencial para atender nichos e mercados especializados, em que as vantagens de escala e escolha não são importantes, portanto, operam com estratégias de marketing agressivas e inovadoras (OLIVEIRA et al., 2021).

Em 2021, o número de estabelecimentos produtores de cerveja registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) atingiu a marca de 1.549, o que representa um aumento de 12,0% em relação ao ano anterior, quando haviam 1.383 cervejarias registradas. A maior concentração de cervejarias localizam-se nas regiões do Sul e Sudeste, que representam 85,8% do total no país. Enquanto na região Nordeste 7,2%, 5,1% na região Centro-Oeste e 1,9% na região Norte. Em termos relativos, observa-se que o maior aumento percentual no número de cervejarias ocorreu na região Norte do país, onde a abertura de 5 novas fábricas representou um aumento de 20,8% em relação ao ano anterior (BRASIL, 2021).

A cerveja é tradicionalmente processada com diversos ingredientes e modos de preparo, tendo como principais constituintes malte, lúpulo, água potável e levedura. Sendo o malte componente responsável pela doçura, o lúpulo por fornecer o amargor e parte dos aromas e a levedura por promover a fermentação, contudo a característica do produto final vai depender da matéria prima aplicada (MEDEIROS et al., 2020). No entanto, as cervejas artesanais são produzidas com características únicas, em geral são receitas diferentes em que são utilizados não apenas ingredientes básicos de fabricação, mas outras matérias primas comestíveis podem ser adicionadas, assim conferindo características sensoriais diferenciadas a cerveja (SILVA, 2021).

A cerveja artesanal ou especial é um tipo que contém as cervejas de qualidade e alto valor agregado. Estas normalmente usam receitas ou processamento de fabricação distintos da fabricação em larga escala. Distinguir-se por serem feitas algumas especificações quando

associada com as cervejas industriais mais populares, sendo produzidas de forma detalhada em pequena escala, com ingredientes nobres e selecionados cuidadosamente, por um processo de fermentação relativamente lento (MESQUITA et al., 2020).

O diferencial da cerveja artesanal consiste em elaborar pouco, todavia com qualidade, particularidades de sabores e um produto exclusivo de amplo valor agregado. Oferecendo produtos diferentes daqueles oferecidos por enormes empresas líderes do setor. Dispõe da capacidade de aliar um produto de alta qualidade voltado para um público cada vez mais exigente com suas opções de consumo, já que a qualidade é o critério mais importante na avaliação dos consumidores para a compra de cervejas diferenciadas (RAMOS et al., 2019).

As cervejas artesanais também se caracterizam pela inovação devido a adição de ingredientes incomuns, tais como frutas, vegetais, especiarias, bem como, produtos de origem animal (GUGLIELMOTTI et al., 2020). A atenção dos consumidores tem sido atraída para a “gourmetização” dos produtos apresentando sabor característico, o que faz com que haja diferença não apenas em uma determinada cerveja, contudo em todas as etapas da produção. É produzido naturalmente, sem adição de conservantes ou produtos químicos, e leva mais tempo para ser preparado (KRONENBERGER et al., 2021).

Os ingredientes da cerveja afetam principalmente o aroma, conseqüentemente é uma das mudanças mais conhecidas por amantes de cerveja artesanal, devido a mudança na composição da cerveja, sem retirar os ingredientes principais, que são a água, malte, lúpulo e levedura. Agregando outros componentes que podem deixar a cerveja realmente mais saborosa e com aromas diferenciados (ADRIANO,2019).

Assim como outros produtos alimentícios, vários aspectos de qualidade da cerveja mudam durante o armazenamento. A vida de prateleira da cerveja é determinada pela deterioração do sabor e aparência turva, que é determinada pela estabilidade microbiana, coloidal, espuma, cor e sabor do produto final (MORADO, 2017).

Um grande número de estudos apontou que beber cerveja com moderação pode não apenas fortalecer o sistema imunológico, mas também fornecer proteção cardiovascular, anticâncer, reduzir o risco de demência e outras funções fisiológicas (GASIŃSKI et al.,2020). O baixo teor alcoólico das cervejas demonstrou exercer atividades fisiológicas na homeostase da glicose e cardioproteção, aumentando o HDL-C, diminuindo a ativação ou agregação plaquetária e reduzindo marcadores de inflamação ou estresse oxidativo (MARCOS et al., 2021). Além disso, a cerveja tem mais valor nutricional do que outras bebidas alcoólicas, pois contém sais minerais como potássio, magnésio, cálcio e sódio, proteínas, antioxidantes e uma quantidade significativa de vitaminas do complexo B (MILAGRES,2019).

3.2 ADJUNTOS CERVEJEIROS

Segundo a Instrução Normativa Nº 65, de 10 de dezembro de 2019, elaborada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), definem que os adjuntos cervejeiros são as matérias primas que substituem, em até 45 % em peso em relação ao extrato primitivo, o malte ou o extrato de malte na elaboração do mosto cervejeiro. Consideram-se adjuntos cervejeiros carboidratos de origem vegetal ou animal, malteados ou não, aptos para o consumo humano como alimento (BRASIL, 2019).

A bebida requer apenas água, levedura, lúpulo e cevada, para ser estabelecida como cerveja, mas estes não são os únicos ingredientes utilizados. Os adjuntos podem ser uma variedade de grãos, frutas, ervas, entre outros, com a função de criar sabores diferenciados ou reduzir custos de produção. Em geral, as cervejas que utilizam adjunto em sua composição são mais leves, possuem cor mais clara e maior brilho, podendo ser aplicadas em diversas etapas da produção, tornando-se mais regular, na fervura e na fermentação, com a finalidade de agregar sabores e aromas característicos (FERNANDES, 2017).

A aplicação de adjuntos proporciona uma série de efeitos no processo cervejeiro. Alguns desses ingredientes requerem equipamentos adicionais, como recipientes específicos para o processo de cocção destes adjuntos previamente à sua adição ao mosto cervejeiro (BOGDAN; KORDIALIK-BOGACKA, 2017). Contudo o uso de adjuntos também beneficia as propriedades físico-químicas e sensoriais das cervejas, geralmente o menor teor de proteínas e polifenóis dos adjuntos mais comuns aumenta a estabilidade coloidal, tornando estes produtos com uma vida de prateleira maior, consequentemente reduzindo as reações que possibilitam o envelhecimento das cervejas (DONADINI et al., 2016).

A utilização de adjuntos afeta as características organolépticas (sensação na boca, aromas e sabores) e físico-químicas (espuma, perfil de fermentação) da cerveja. Estas alterações sensoriais ocorrem devido as alterações na composição dos mostos que podem causar reações como esterificação e desaminação excessivas, entre outras durante a fermentação (MULLER et al., 2021).

Os adjuntos cervejeiros são divididos de acordo com dois grandes grupos conforme sua forma de utilização no processo cervejeiro, assim os adjuntos amiláceos devem passar pela etapa amilolítica da brassagem (mosturação) e adjuntos sacaríneos, os denominados adjuntos de fervura que não precisam ser quebrados por não possuírem amido em sua composição, apenas açúcares fermentescíveis (BOGDAN; KORDIALIK-BOGACKA, 2017).

No entanto as enzimas amilolíticas presentes no malte cervejeiro são essenciais para o processo de mosturação, consequentemente o mosto é complementado com enzimas exógenas, assim aumentando a proporção de adjuntos na mosturação. O aumento no uso de adjuntos

também contribui para efeitos na qualidade organoléptica das cervejas produzidas, de modo que as medidas necessárias para compensar a perda de qualidade devido a redução do malte podem gerar custos superiores à economia produzida pelo uso de adjuntos (MULLER, 2018).

Entre os aditivos mais comuns está o açúcar, que é responsável pela fermentação da bebida e também aumenta seu teor alcoólico. Esse açúcar pode ser substituído por frutas, que além de promover novos sabores, fornece açúcar para a fermentação (MEDEIROS et al., 2020). A adição de frutas, especiarias e tuberosas como adjunto cervejeiro tem por finalidade o fornecimento de extrato primitivo fermentável (açúcares) para que leveduras possam realizar a fermentação alcoólica, agregação de corpo à cerveja, produção de cervejas sem glúten, entre outros (SORBO; BROETTO, 2019).

3.2.1 Cajá

O cajá (*Spondias Mombin* L.) pertence à família a Anacardiaceae e ao gênero *Spondias*, é conhecido também como taperebá, cajá-mirim, a espécie encontra-se amplamente disseminada no Brasil, muito consumido e valorizado na região Norte e Nordeste (RIBEIRO,2022). É nativo das florestas tropicais e dispõe de noventa e seis nomes diferentes, sendo os mais comuns yellow mombin ou hog plum em inglês, ciruelo ou jobo na maioria dos países da América do Sul (PEREIRA, 2018). É uma espécie arbórea, que atinge altura de até 30 m de altura, pertencente à família Anacardiaceae, tem formato oval, e a coloração predominantemente da casca e polpa variando amarelo-escuro para o alaranjado, com casca fina e lisa, onde seu mesocarpo é pouco carnoso e sua casca envolve a polpa, com cerca de 3mm de espessura e que é aderente ao caroço, que responde pela maior parte do fruto (RIBEIRO, 2022).

A maior parte de sua produção é oriunda de sistemas extrativistas, onde os fatores climáticos, dificultam as estimativas atualizadas de produção e são cultivados nas regiões da floresta amazônica, cerrado e caatinga, onde existe uma grande biodiversidade da flora Brasileira, entretanto se concentra principalmente na região Nordeste do Brasil, com destaque para os Estados da Paraíba, Ceará e Bahia (NUNES, 2018).

Nos estados de maior produção, o período de safra para o fruto é variável, entre maio a julho na Paraíba, fevereiro a maio no Sudeste da Bahia e janeiro a maio no Estado do Ceará, sendo o fruto de grande fonte de renda para famílias necessitadas e pequenos produtores. A comercialização do fruto in natura é realizada em feiras livres, às margens de rodovias próximas às unidades de produção e nas indústrias de processamento de polpas, onde toda a colheita é feita durante a estação propícia. A utilização dos frutos em outras regiões é dada em forma da polpa congelada, sendo produzida pelas grandes e pequenas indústrias e cooperativas na

preparação de bebidas, misturando com água ou leite, com ou sem açúcar (COSTA; MERCADANTE, 2018).

O fruto do cajá é bastante valorizado por seu aroma e sabor característicos, assim tendo despertado interesse comercial devido suas qualidades nutricionais, principalmente pela presença de diversas substâncias bioativas, como elevada concentração de carotenoides, o qual é responsável pela intensa coloração amarela, além de ser fonte de vitaminas A, B1, B2 e C. Possui elevado teor de taninos e compostos fenólicos, fazendo com que a polpa do fruto ganhe destaque como provável antioxidante natural, enquadrando-se, no grupo de alimentos funcionais (FREITAS, 2021).

No entanto, o fruto apresentando grande potencial na agroindústria, podendo ser usado largamente na elaboração de novos produtos, como matéria-prima para a produção de polpas, gelados, sorvetes, néctares, compotas, geleias, aguardentes, licor e cervejas (MAMEDE et.al., 2015). Segundo Dantas et al. (2012), a polpa de cajá pode ser usada no preparo de bebidas levemente ácidas com agradável sabor, o qual é muito apreciado pelos europeus. Em forma de suco, sendo possível elaborar uma boa aguardente, licores delicados.

Além disso, os frutos apresentam boas características agroindustriais, e seu rendimento está acima de 60% da polpa (BRASIL,2015). E suas características químicas, como o brix de 11°, assim como um importante papel na saúde humana, colaborando para o fornecimento de água, energia, sais minerais, vitaminas (principalmente A e C), fibras e carotenoides, importantes para a manutenção das atividades celulares como agentes antioxidantes (NUNES, 2018).

3.2.2 Beterraba

A *Beta Vulgaris* L., comumente conhecida como beterraba, é uma planta herbácea da família das Amaranthaceae. Comumente referido como “raízes” tuberosas, são botanicamente classificados como tubérculos hipocotiledonar, sendo que a verdadeira raiz se desenvolve na parte terminal do órgão (APPEZATTO-DA-GLÓRIA, 2015). A cor roxa característica da beterraba é resultado de altas concentrações de betalaínas. Considerando suas características estruturais e propriedades de absorção de luz, as betalaínas são classificadas em duas classes, as betacianinas (de coloração vermelho-violeta) e as betaxantinas (de coloração amarelo-alaranjadas), ambas com ácido betalâmico precursor comum (MELO, 2019).

A beterraba no Brasil é cultivada em cerca 25 mil propriedades, com um rendimento de produção equivalente de 135 mil toneladas. São produzidos na região nordeste 2605 mil propriedades, com uma produção de cerca de 15 mil toneladas (IBGE, 2018). Com tudo, beterraba é um dos produtos com grande valor comercial, visto que apresenta boas qualidades

bioativas para a alimentação, além disso, é uma cultura geradora de renda para produtores (ZHANG et al., 2018).

No Brasil, a beterraba é mais comumente consumida *in natura*, na forma de salada ou usada como ingrediente em biscoitos, sorvetes, bebidas, blends de frutas, vegetais e outros alimentos. Embora os altos níveis de consumo, a sua casca e talo são poucos utilizados e quase sempre descartados durante o preparo do alimento (TEXEIRA et al., 2017).

A tuberosa também tem uma alta capacidade antioxidante proporcionado pelos pigmentos denominados betalainas (LOS SANTOS et al., 2021). A beterraba possui uma rica composição de minerais, açúcares e vitaminas em sua composição como pró-vitamina A, vitamina B1, B2, B5, C, potássio, sódio, fósforo, cálcio, zinco, ferro e manganês, além de possuir pectina, celulose e hemicelulose, que são boas fontes de fibras dietéticas (SILVA et al., 2019). Contudo o ácido ascórbico um importante antioxidante, que também está presente em grandes quantidades na beterraba e, embora contenha baixas concentrações de ferro, sua combinação com vitaminas garante sua absorção eficiente, por isso é recomendado para o tratamento de anemias e para ajudar a tratar distúrbios do fígado e do baço (CROCETTI, 2016).

Os pigmentos encontrados nos bulbos e talos de beterraba, chamados de betalainas, são responsáveis por sua intensa coloração vermelho-violeta. Outro fator que dificulta o uso desses pigmentos, é que eles sofrem intensa degradação a partir do momento que são extraídos, devido ao rompimento do tecido vegetal. Portanto, para extrair esses pigmentos, fatores que contribuam para sua estabilidade devem ser considerados, a fim de reduzir sua degradação (SANTOS, 2017).

As betalainas são um tipo de pigmentos alcaloides, atóxicos e solúveis em água, incluindo nitrogênio em sua estrutura química, produzido naturalmente a partir do aminoácido tirosina durante o metabolismo secundário de espécies como a beterraba. Esses pigmentos podem ser utilizados como corantes em alimentos, entretanto, diversos fatores como a presença de enzima e metais, além de fatores associados ao ambiente, tais como pH, temperatura, oxigênio e luminosidade afetam sua utilização como finalidade de aditivo alimentar (DAMODARAN, S.; PARKIN, 2019). Estes fatores passam pela estrutura e composição, em que as betacianinas têm sido descritas como mais estáveis que as betaxantinas (GONÇALVES, 2018).

De acordo com Bovi et al. (2019), a beterraba não é tão bem aceita devido ao sabor residual terroso deixado após sua ingestão, sendo um fator desfavorável pois esse tubérculo contribuir para complementação alimentar, oferecendo nutrientes essenciais para desenvolvimento e saúde, como o ferro, possuindo funções biológicas importantes que age

contra envelhecimento celular e reduz o risco de alguns tipos de doenças como cânceres e de doenças cardiovasculares.

3.3 RESÍDUOS CERVEJEIROS

Considerando que o Brasil é um país onde uma grande parte da população passa por necessidades nutricionais, o aproveitamento de resíduos agroindustriais se mostra, frente ao desperdício e ao beneficiamento e processamento de alimentos, além de diminuir o impacto ambiental, é uma grande oportunidade para o desenvolvimento de subprodutos com valor agregado e ainda ser uma alternativa de fonte nutricional para diversas pessoas (COSTA FILHO et al., 2017).

Neste contexto, destaca-se as indústrias cervejeiras de grande e pequeno porte, que tem papel fundamental para realização desse processo produtivo. Ressalta-se que esses resíduos no processo de produção apresentam altos teores de proteínas e fibras, além de compostos bioativos, como os compostos fenólicos, os quais são de grande finalidade para inclusão em alimentos destinados à dieta humana (CAPELEZZO et al., 2020).

As cervejarias estão entre as grandes indústrias alimentícias produtoras de resíduos, devido a numerosa quantidade de bagaço de malte e de levedura residual produzidas por ano. No entanto, processo de fabricação de cerveja leva a geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos, como bagaço de malte, leveduras, lúpulo, entre os sólidos e a água como o principal resíduo líquido de uma indústria cervejeira (FILHO, 2022).

De acordo com Receh e Zorzan (2017), a produção de cerveja é feita o ano inteiro, por motivos de disponibilidade da matéria prima e comercialização constante, muitas cervejarias possuem lagoas de tratamento, quando os resíduos são líquidos e outras utilizam os resíduos sólidos no processo de compostagem, como também seus resíduos são utilizados particularmente para alimentação de animais.

Contudo, os resíduos na maior parte das circunstâncias, possuem alto teor de umidade e conteúdo orgânico, a sua descarga direta no solo resulta em preocupações ambientais, conseqüentemente acarretando a fermentação descontrolada e uma alta quantidade de oxigênio é gerada no decorrer de sua degradação. Diante do potencial poluente dos resíduos, o descarte de resíduos muitas vezes provém perdas de biomassa e de nutrientes de alto valor (CRIZEL, 2017).

O bagaço de malte é o resíduo resultante do processo inicial da fabricação de cervejas. No entanto, é o principal subproduto da indústria cervejeira, que contém grande quantidade de fibras, resíduo de proteínas e açúcares, o que o torna esse bagaço potencialmente utilizado para elaboração de novos produtos, onde as fibras trazem benefícios ao consumidor do ponto de

vista nutricional e de funcionalidade (KUIAVSKI et al. 2020). Stojceska (2019) comprovou cientificamente que o bagaço de malte, tem um papel importante na prevenção de várias doenças, incluindo prisão de ventre, colesterol alto e colite ulcerativa.

Desse modo, é fundamental encontrar formas de reaproveitamento desse resíduo e estudos indicam a alternativa de adição do bagaço de malte em alimentos de consumo humano, como forma de enriquecer nutricionalmente os alimentos e acrescentar valor a este subproduto (TEIXEIRA et al., 2018). Em termos de reaproveitamento do bagaço do malte, e consequente transformação em farinha deste resíduo. A farinha pode ser utilizada em vários tipos de produtos alimentícios como barra de cereal, massa de macarrão, além de produtos de panificação como pão, biscoitos, bolos, cupcakes, cookies, brownie. Além do mais, atualmente há um crescente interesse em consumir alimentos saudáveis ou funcionais, que fornecem benefícios para a saúde do consumidor (RECEH; ZORZAN, 2017).

3.4 SECAGEM

Através da aplicação do ar quente, o processo de secagem elimina efetivamente o excesso de umidade por meio da evaporação, facilitando a troca de massa e calor entre o ar e o produto (SANTOS et al., 2019). Este método é empregado para diminuir o teor de água para níveis seguros para fins de armazenamento. Assim, compreendendo a propriedades termodinâmicas durante o processo de secagem, além de ser crucial para o projetar equipamentos, cálculos de energia, estudo das propriedades da água adsorvida e avaliação da microestrutura dos alimentos, tal como permite estudo de fenômenos físicos que ocorrem na superfície dos alimentos (BARROS et al., 2020).

A desidratação é um processo amplamente utilizado na indústria alimentícia para melhora a estabilidade dos alimentos, reduzindo a atividade de água e prolongando a vida útil do produto, como também simplifica o armazenamento e o transporte devido à redução da massa total. Além disso, da redução da atividade microbológica, algumas alterações físicas e químicas durante o armazenamento (ELPÍDIO, 2021).

O processo de secagem pode ser dividido em três etapas distintas. Inicialmente, a superfície do material apresenta baixa pressão parcial de vapor de água, resultando em baixas taxas de transferência de calor e massa. À medida que a temperatura do produto aumenta, estas taxas começam a subir, marcando o início do período de indução e estabilização. Subsequentemente, inicia-se a fase de taxa constante, durante a qual a taxa de migração da água do interior do produto para a sua superfície corresponde à taxa de evaporação da superfície para o ambiente circundante. Isto continua até que um teor crítico de umidade seja alcançado. Além

deste ponto, à medida que o teor de umidade diminui progressivamente, há um correspondente declínio gradual na taxa de secagem. (ARAÚJO et al., 2020).

Nesse contexto para garantir a preservação dos resíduos e minimizar o seu volume, é fundamental empregar técnicas como a secagem. Ao eliminar a umidade através da aplicação de calor, evita-se a degradação do material, mantendo suas propriedades durante o armazenamento. Dessa forma, não só reduz as despesas de armazenamento e transporte, mas também consiste na retirada da água do material úmido, por meio da aplicação do calor (DUARTE et al, 2020).

Diferentes técnicas de secagem podem ser categorizadas com base no fornecimento de calor (contínuo ou intermitente), no tipo de secador utilizado (natural ou artificial) e no movimento do material a ser seco (estacionário ou móvel). Consequentemente, a secagem solar apresenta uma alternativa promissora aos métodos naturais de secagem, pois permite a utilização de fontes de energia renováveis, tornando-a particularmente benéfica em regiões com luz solar abundante (LOUREIRO et al., 2020).

Entretanto, processo de secagem artificial e a utilização de secadores dependem da quantidade de produção e da qualidade desejada do produto final. Para auxiliar nesse processo, diversos equipamentos podem ser empregados, é o caso de secadores, como a estufa, que funcionam aplicando calor, umidade e correntes de ar controladas para controlar a secagem. A secagem por estufa com corrente de ar ou também denominada de secagem convectiva de ar quente é o método mais comum na secagem de alimento (SILVA et al., 2020).

A cinética de secagem, também compreendida como a velocidade com que determinado produto perde água, é afetada tanto por propriedades inerentes quanto por fatores externos, como umidade relativa do ar, velocidade e temperatura. Dessa forma, ao analisar esse processo, são criadas curvas de secagem a partir de dados experimentais coletados durante o processo de secagem, essas curvas apresentam características únicas e específicas de cada produto individual (SANTOS et al., 2020).

A utilização de modelos matemáticos, tem um papel importante para descrever o processo de secagem, facilitando a otimização e o planejamento eficiente dos secadores. Esses modelos empregam equações matemáticas utilizadas para representar a cinética de secagem, garantindo a representação mais precisa dos dados experimentais e possibilitando o cálculo de parâmetros essenciais como difusividade efetiva de massa e coeficiente convectivo de massa. Dentre os diversos modelos, o modelo de Page, Henderson e Pabis e o exponencial são amplamente empregados para ajuste de curvas de secagem no contexto de secagem de alimentos (ARAÚJO et al., 2020).

Visando minimizar os custos da produção e os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos resíduos agroindustriais, a indústria agroalimentar busca novas alternativas para o reaproveitamento. Uma abordagem inovadora envolve a implementação de técnicas de conservação, como a secagem, para facilitar a criação de novos produtos que possam ser incorporados à dieta humana (SANTOS et al., 2019).

No entanto, o processamento do bagaço de malte apresenta certos desafios devido ao seu alto teor de umidade e à abundância de polissacarídeos e proteínas, esses fatores tornam-no um ambiente favorável ao crescimento de microrganismos, levando à rápida deterioração (CASTRO; MATHEUS; COLPINI, 2022). Uma alternativa para aproveitamento dos resíduos do bagaço do malte é a elaboração de pó, que pode ser utilizado para aumentar o valor nutricional de diversos produtos alimentícios. Para conseguir isso, deve ser empregada uma técnica de secagem, levando em consideração a combinação ideal de tempo e temperatura, sendo fundamental considerar esse binômio para evitar a degradação dos compostos fenólicos durante o processo de secagem e minimizar possíveis alterações causadas por reações químicas, enzimáticas ou microbiológica (GASTALDI et al., 2018).

Siqueira e Quast (2023) analisaram a secagem bagaço do malte para alimentação humana, observaram que a partir das 16 horas obtiveram umidade constante até o final do processo de secagem, que durou 72 horas utilizando um estufa de secagem e esterilização com circulação e renovação de ar na temperatura de 105°C, sendo possível concluir que após 61 dias de armazenamento observou-se que o bagaço de malte seco em temperaturas pré-determinadas pode ter uma vida útil mais prolongada.

No estudo do efeito da temperatura sobre o processo de adsorção de água em bagaço do malte Castro e Colpini (2022) observaram que dentre os 5 modelos utilizados, o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados da cinética de secagem apresentou R^2 acima de 0,991 nas temperaturas de 40,60 e 80°C e menor valor de RMSD de 0,031, o autor afirma que o processo de desidratação ocorre de forma mais eficiente em temperaturas mais elevadas.

Foram verificados por Santos et al. (2019), modelagem matemática da cinética de secagem de cascas da toranja nas temperaturas de 60, 70, 80 e 90 °C ajustando-se onze modelos matemáticos, sendo que os modelos que apresentaram ajustes mais satisfatórios destacou-se Page, Logarítmico, Aproximação de Difusão e Midilli, os melhores resultados quanto ao R^2 superior a 0,99 e menores DQM 0,03, visto que o aumento de 50% na temperatura de secagem resultou numa redução do tempo de processo de aproximadamente 50%.

3.5 ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS

O período de armazenamento pode ser definido como sendo a vida de prateleira em que produtos com alto padrão inicial se mantêm adequados para consumo. Neste contexto, a escolha do tipo correto de embalagem é importante, pois funciona como uma barreira que protege os alimentos de qualquer tipo de deterioração, seja química, física ou microbiológica, desde o acondicionamento até o consumo final (SANTOS, 2020).

No entanto a estabilidade e a vida útil dos alimentos são definidas e controladas por fatores intrínsecos e extrínsecos, que geralmente atuam de forma simultânea (SOUZA, 2022). Como fatores intrínsecos podem ser listados a natureza e qualidade das matérias-primas, estrutura e composição do produto, incluindo atividade de água, pH, acidez total, oxigênio disponível, contagens de microrganismos vivos, bioquímica natural da formulação e o uso de conservantes. Fatores extrínsecos incluem métodos de processamento, materiais e métodos de embalagem, controle de temperatura, umidade relativa (UR), exposição à luz, contagem microbiana ambiental durante o processamento, armazenamento e distribuição (NOGUEIRA et al., 2023).

Durante o armazenamento podem ocorrer diversas reações químicas que impactam negativamente os compostos bioativos, antioxidantes e voláteis da cerveja, que são os indicadores químicos do envelhecimento e sua presença e concentrações fornecem ao pesquisador dados importantes sobre os materiais usados no processamento da cerveja, bem como a qualidade sensorial do produto final (VALENTONI et al., 2022).

A estabilidade do sabor da cerveja é uma das propriedades mais importantes que determinam a qualidade do produto final, sendo a capacidade da cerveja de manter as suas características desde o engarrafamento até o consumo. Este processo de estabilização é caracterizado por reações de oxidativas e não oxidativas que podem ocorrer durante o armazenamento da cerveja e pela formação de outros compostos, tais como compostos carbonilo. (VIANA, 2021). Além disso, o sabor da cerveja pode ser afetado por vários fatores, incluindo o tipo de matéria prima utilizada, o método de produção empregado, a presença de contaminantes microbianos e condições inadequadas de armazenamento, como exposição ao oxigênio e à luz solar (LEHNHARDT; GASTL; BECKER, 2019).

À medida que a cerveja envelhece, certos componentes do sabor podem tornar-se mais concentrados e novos componentes podem ser encontrados. Estes são comumente conhecidos como "sabor oxidado", "sabor de papel" ou "sabor de papelão" que surgem do processo de oxidação que afeta os componentes da cerveja (AZEVEDO, 2022). No entanto, compostos encontrados na cerveja são diretamente responsáveis pelos seus diversos sabores, principalmente pelo seu nível de amargor. O aroma da cerveja pode ser alterado através de

ajustes nos métodos de preparo e armazenamento, resultando potencialmente em um sabor desagradável conhecidos *off-flavours*. Para manter um sabor desejável, é crucial garantir que a concentração destes compostos permaneça dentro da faixa apropriada, pois exceder estes valores levará ao desenvolvimento de *off-flavors* (HUMIA et al., 2019).

A cerveja é rica em diferentes compostos fenólicos, incluindo ácidos fenólicos, flavonóis, flavonas, prenilflavonóides e taninos hidrolisáveis (HABSCHIED; LONČARIĆ E & MASTANJEVIĆ, 2020). Estes compostos contribuem para as propriedades antioxidantes da cerveja, que desempenham um papel importante na preservação das características sensoriais da bebida ao longo do tempo. Além de evitar alterações de sabor e aroma durante o armazenamento da garrafa, os compostos fenólicos da cerveja garantem uma experiência de consumo consistente e agradável (WANNENMACHER et al., 2019). Contudo, é importante notar que a atividade antioxidante destes compostos pode diminuir durante o período de armazenamento, potencialmente devido a modificações nas estruturas químicas dos próprios fenólicos. (SILVA, 2021).

Desse modo, é desejável a preservação duradoura do sabor, aroma e cor da cerveja, pelo maior tempo possível, que pode variar de três a doze meses, dependendo dos materiais específicos utilizados no processo de fabricação. Sendo importante considerar a embalagem adequada para atingir esse objetivo, a garrafa de vidro âmbar é a escolha mais eficaz para armazenar cerveja, esse tipo de garrafa é feita de materiais inertes que não interagem quimicamente com a bebida, evitando assim os efeitos negativos da penetração da luz e da exposição ao oxigênio. É fundamental garantir que as garrafas estejam bem fechadas para maximizar a preservação das características da cerveja (GAGULA et al., 2020).

Costa (2023) analisou o armazenamento de cerveja artesanal tipo Lager adicionada de polpa de caju sob condições controladas de temperatura ambiente ± 26 °C, sem incidência de luz, durante 90 dias. Foram verificados que a formulação com 30% de polpa de caju apresentou maiores concentrações de compostos fenólicos e atividade antioxidante, sendo que os ácidos e carboidratos mostraram comportamento variável, assim como os compostos voláteis. Além disso, houve uma menor intensidade de sabor e aroma da cerveja de caju após 90 dias. Wannemacher et al. (2019) corroboram que a atividade antioxidante dos compostos fenólicos na cerveja influencia a qualidade sensorial da bebida, retardando as alterações de sabor e aroma durante o armazenamento na garrafa.

Flores et al. (2022) avaliaram o uso da Ressonância Magnética Nuclear para o controle de qualidade na indústria cervejeira durante um período de armazenamento de dois meses, os resultados apresentaram uma variação no teor alcoólico e diferença de compostos aromáticos, acrescida com o tempo de armazenamento na cerveja *Imperial India Pale Ale*. Martinez-

Gomez, Caballero, Blanco (2020), em seus estudos com fenóis e melanoidinas como antioxidantes naturais na cerveja, observaram que durante o armazenamento da cerveja na garrafa, ocorre redução no teor de compostos fenólicos do produto devido a processos oxidativos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido nos laboratórios de Operações Unitárias e Fenômenos de Transporte (LOUFT) e Laboratórios do Centro Vocacional Tecnológico (CVT), pertencentes a Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos (UATA) do Centro de Ciências e Tecnologia agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal, Paraíba.

4.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

A matéria prima cervejeira foi adquirida em comércio especializado no fornecimento de produtos cervejeiros no município de João Pessoa-PB. Para o desenvolvimento do mosto cervejeiro foi utilizado água mineral. A polpa de cajá e a beterraba (*Beta vulgaris* L.) foram adquiridas no Mercado Central do município de Pombal-PB, no sertão. Posteriormente foram transportadas para os laboratórios, onde passaram por um processo de sanitização em uma solução de hipoclorito de sódio (NaCl) a 200mg/L por 15 minutos, e em seguida foram lavadas com água corrente e processados.

4.2 OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA BETERRABA (*BETA VULGARIS* L.) E DA POLPA DE CAJÁ

Primeiramente foi necessário obter a beterraba na forma líquida, sendo realizada a centrifugação, através de uma centrifuga de alimentos da marca Cadence/modelo Juicer Plus Completa 220v 700w. Em seguida ocorreu a caracterização físico-química, microbiológica e dos compostos bioativos da beterraba e da polpa de cajá adquirida em comércio local.

4.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Na caracterização microbiológica para detecção e quantificação da polpa de cajá, da beterraba e da cerveja final foram analisados os parâmetros de *Escherichia coli*, Fungos Filamentosos e Leveduras, Estafilococos Coagulase positiva, *Salmonella*/25mL e Contagem total de bactérias aeróbios mesófilos/mL.

No teste presuntivo foi utilizado a técnica de tubos múltiplos, no qual se utilizou o meio caldo lauril triptose (KASVI), com período de incubação a 35°C por 24 horas, conforme a metodologia descrita por Silva (2017). Este teste não é confirmatório, mas permite uma estimativa preliminar da densidade do grupo bacteriano baseada no enriquecimento em meio minimamente restrito.

Para detecção do parâmetro de *Escherichia coli* foi utilizado o meio de Caldo Verde Bile Brillante 2% (KASVI) com período de incubação a 35°C por 24 horas, seguido do meio caldo *Escherichia coli*, incubado a 45 °C por 48 h, segundo a metodologia descrita por Silva (2017).

Na contagem de Fungos Filamentosos e Leveduras foi utilizado o método de plaqueamento direto em superfície, em meio Agar Batata Dextrose (BDA) (KASVI),

adicionado de ácido tartárico a 10%, sendo incubadas a 22°C por 5 dias, segundo a metodologia recomendada (SILVA, 2017).

Para a determinação de Estafilococos Coagulase positiva foi utilizado o método em superfície no meio de cultura Ágar Manitol, as placas foram incubadas a 35°C por 48 horas, segundo a metodologia recomendada (SILVA, 2017).

Na determinação de *Salmonella*/25mL foi utilizado o método em superfície no meio de cultura Salmonella Diferencial Ágar HIMEDIA® foi incubado a temperatura de 35°C por 48 horas, segundo a metodologia recomendada (SILVA, 2017).

Na contagem total de Bactérias aeróbios mesófilos foi utilizado o método de plaqueamento direto em superfície, em meio Agar nutriente (HIMEDIA), incubadas a 35°C por 48 horas, segundo a metodologia recomendada (SILVA, 2017), esta análise foi feita apenas para cerveja final.

4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Nas análises físico-químicas da polpa de cajá e da beterraba foram caracterizados quanto acidez total titulável, potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais (°brix).

Para determinação de acidez total titulável foi titulado 10ml de amostra com NaOH 0,1N padronizado, até pH 8,1. Procedimento descrito em Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos (CECCHI, 2001).

Para determinação do pH foi realizada pelo método potenciométrico, utilizando-se 3 ml da amostra em 47 mL de água. A medição foi realizada em um pHmetro de bancada (Quimis, precisão 0,01) devidamente calibrado com soluções-tampão de pH 4,0 e 7,0 (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Para determinação de sólidos solúveis totais (°Brix) foi utilizado um refratômetro de bancada ABBE, com escala de 0° Brix a 95° Brix, devidamente calibrado com água destilada. Algumas gotas da amostra foram colocadas sobre o prisma do aparelho e obtendo a leitura direta dos graus Brix indicado pelo aparelho.

4.5 COMPOSTOS BIOATIVOS

Na caracterização dos compostos bioativos da polpa de cajá, da beterraba, do armazenamento e cerveja final foram realizadas as análises de compostos fenólicos totais (mg/100g), taninos totais (mg/100g), carotenoides (µg/100g), betacianinas (mg/100g), betaxantinas (mg/100g) e betalaínas (mg/100g).

O teor de compostos fenólicos totais e taninos totais foram obtido respectivamente, segundo a metodologia descrita por Waterhouse (2006), e Swain e Hill (1959) modificada, em que, inicialmente, a amostra será pesada, posteriormente macerada e homogeneizada em um balão volumétrico de 50mL de água destilada. A mistura resultante permanecerá em repouso

por 30 minutos para ser filtrada. Das soluções produzidas foram retiradas uma alíquota e colocadas em um tubo de ensaio juntamente com água destilada e o reagente de Folin-Ciocateou, ficando em repouso durante cinco minutos.

Em seguida, acrescenta-se carbonato de sódio (20%) e agita-se, levando em banho Maria a 40°C por 30 min. Logo após esse tratamento a absorbância da mistura resfriada será lida em espectrofotômetro a 765 nm e o teor de fenólicos totais e taninos totais foram calculados através da equação da reta da curva padrão respectivamente, em ácido gálico (0,1g/L) e ácido tânico (0,1g/L), e expressos em mg/100g.

A determinação de carotenoides foi realizada seguindo a metodologia proposta por Lichtenthaler (1987). Aproximadamente 0,5 mL de extrato foi colocado em um almofariz e macerado com 5 mL de acetona 80% e 0,2g de carbonato de cálcio. Em seguida o conteúdo foi centrifugado por 10 min a 10°C e 3000 rpm, em centrífuga compacta QUIMIS e procederá as leituras em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 646 e 663 nm para clorofila e 470 nm para carotenoides, ambos os resultados expressos em µg/100g da amostra.

A quantificação de betalaínas (betacianinas e betaxantinas) presentes nas amostras foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Nilson (1970), onde a amostra foi transferido para um tubo de ensaio e diluído com 9,9 mL do seu respectivo solvente extrator.

As leituras foram realizadas em espectrofotômetro previamente calibrado nos comprimentos de onda de 476 nm, que possibilita de quantificar as betacianinas e 538 nm, que quantifica as betaxantinas.

O resultado foi expresso em mg/100g de acordo com a Equação 1.

$$\text{Betacianinas ou Betaxantinas} = \frac{A \times MM \times FD \times 10^2}{\epsilon \times l} \quad (1)$$

Onde:

A → é a absorbância do extrato a 480 nm ou 536 nm descontado da absorbância de interferentes a 600 nm;

MM → é a massa molar (308g/mol para a vulgoxantina I e 550 g/mol para a betanina);

FD → representa o fator de diluição (100);

ε → é a absortividade molar (48000 L.mol⁻¹cm⁻¹ para a betaxantinas e 60000 L/mol⁻¹cm⁻¹ para a betacianinas, ambos em solvente aquoso);

l → é o comprimento do caminho óptico (1 cm) e 10² é um fator de correção para que as unidades do produto sejam (mg/100g).

4.6 OBTENÇÃO DO MOSTO CERVEJEIRO E FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

Para a obtenção do mosto cervejeiro, foram utilizados malte do tipo trigo (55%) e pilsen (45%), água mineral, lúpulo (Saaz) e levedura cervejeira (WB-06). Para a produção de 25 litros de mosto cervejeiro, as quantidades de insumos utilizados, encontrando-se na Tabela 1.

Tabela 1- Insumos cervejeiros utilizados nos experimentos.

Insumos	Quantidades
Malte de trigo	2891,68g
Malte pilsen	2212,29g
Lúpulo	100g
Água	38,8 L

O processo de elaboração do mosto cervejeiro foi realizado conforme o fluxograma apresentado na Figura 1.

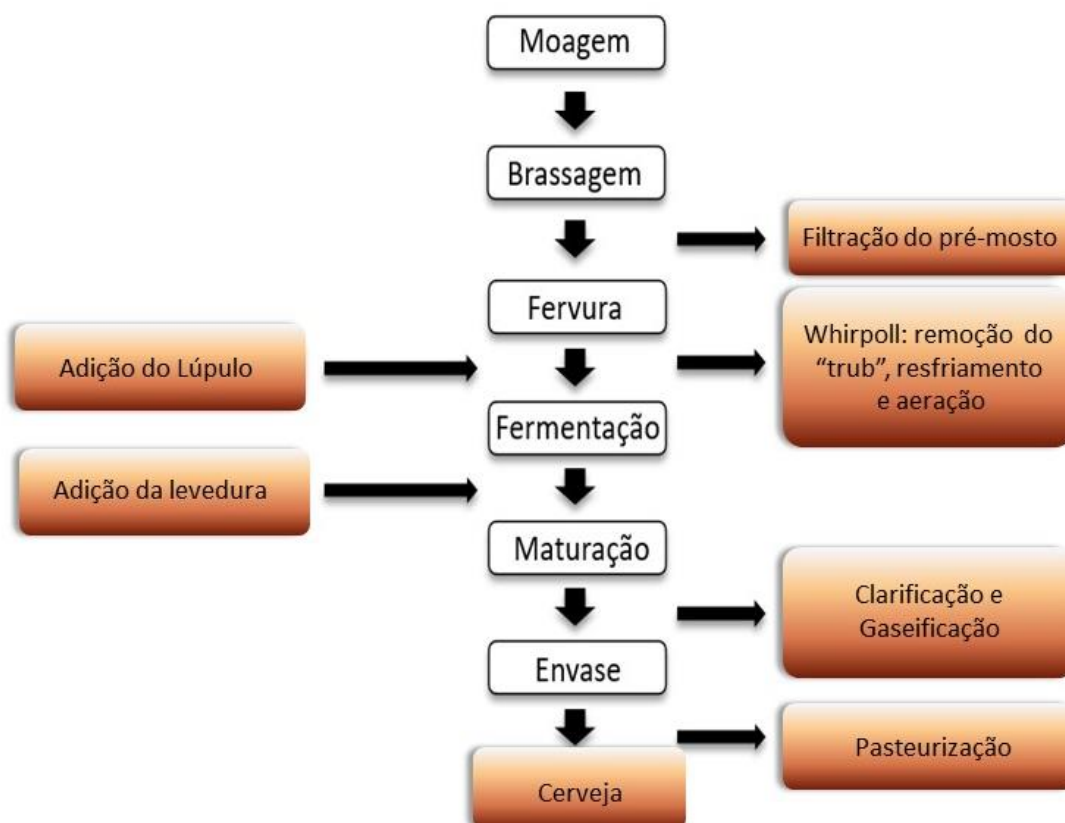


Figura 1. Fluxograma de obtenção do mosto cervejeiro (Fonte: elaborada pela autora, 2024).

O processo de obtenção do mosto cervejeiro consiste nas etapas de moagem, brasagem, fervura, fermentação, maturação, envase e armazenamento. A moagem do malte de trigo e pilsen foi realizada em moinho de grãos manual marca Hércules, de forma a se obter granulometria entre 30 e 80 Mesh. Para o processo de brasagem, foi utilizado o método por infusão direta dos grãos em meio aquoso (EATON, 2006).

O sistema grão:água foi colocado em uma panela de aço inox e posteriormente foi aquecido (1 °C/min) em fogão industrial, até a temperatura de 40 °C para início do processo de brassagem. O processo de mosturação foi conduzido obedecendo a seguinte rampa de aquecimento: 50 °C / 10 min; 65 °C / 40 min; 72 °C / 10 min e 78 °C / 10 min. Todo o processo foi conduzido com o pH da água de 5,4 a 5,8.

Transcorrida a etapa da mosturação, a fase líquida da mistura malte: água foi separada por filtração, e o resíduo de malte foi lavado com água aquecida a 70°C para completa extração dos açúcares residuais. O bagaço proveniente da mosturação foi embalado em sacos de polipropileno de alta densidade, para posteriormente ser congelado em freezer a -30 °C.

Posteriormente a fase líquida foi encaminhada para a etapa da fervura a 102 °C por 60 minutos. À fase líquida ao levantar fervura, foi adicionado o lúpulo tipo Saaz 2,40%. Ao término da fervura o mosto foi resfriado a temperatura de 20 °C e logo em seguida filtrado. Resfriado o mosto, este foi encaminhado para a etapa de fermentação, onde ocorre a transformação dos açúcares fermentescíveis em álcool.

Para a implantação da etapa de fermentação, foram utilizados biorreatores confeccionados em polipropileno opaco de grau alimentício de volume útil de 10 L, sendo o volume operacional de 5,0 L para cada experimento e o processo foi realizado em câmara de fermentação a 20 °C, utilizando a cepa comercial da levedura cervejeira WB-06 na concentração de 1 g/ L.

Antecedendo o processo de fermentação, houve a propagação das leveduras cervejeiras (WB-06) liofilizadas, na qual foi realizada mediante a dispersão de 3,0 g de levedura em Erlenmeyer de 1000 mL com 400 mL do mosto cervejeiro esterilizado e 400 mL de água potável, na proporção de 1:1, por 24 horas em mosto cervejeiro com sólidos solúveis totais (SST) de 6°Brix a 20 °C.

Transcorrido esse tempo, alíquotas do material propagado foram coletadas no fermentador de forma a se obter uma concentração de células de 1×10^9 células / L, as quais foram inoculadas em cada biorreator contendo 5,0 L de mosto. Antes e após cada etapa de propagação houve a contagem de células por microscopia óptica com auxílio de câmara de Neubauer (WHITE, 2010). Após a inoculação, alíquotas de 100 ml foram coletadas em frascos tipo PET nos tempos 0, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas, para as análises posteriores. Cada experimento foi conduzido de forma aleatória em câmara de fermentação a 20 °C.

Na Tabela 2 encontram-se, respectivamente, os tratamentos e as concentrações utilizadas na fermentação alcoólica do mosto cervejeiro adicionado de beterraba e polpa de cajá.

Tabela 2- Tratamentos e concentrações utilizadas no estudo da fermentação alcoólica do mosto adicionado de beterraba e polpa de cajá.

Tratamento	Concentrações (%)	
	Beterraba	Polpa de cajá
Padrão	-	-
Trat.1	1	10
Trat.2	1	15
Trat.3	4	10
Trat.4	4	15

Trat.1: Tratamento 1- 1% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Trat.2: Tratamento 2- 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá; Trat.3: Tratamento 3- 4% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Trat.4: Tratamento 4- 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá.

4.6.1 Caracterização Físico-química, Química e Compostos bioativos

As amostras dos fermentados coletadas nos tempos pré-estabelecidos, bem como para cerveja final foram caracterizadas quanto acidez total titulável, potencial hidrogeniônico (pH), conforme descrito no manual de métodos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (2008). Ademais, foi conduzida a análise de açúcares redutores totais (ART), pelo método descrito por Vasconcelos, Pinto e Aragão (2013), que trata da redução da glicose pelo composto ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) e cor medida por meio de análise direta em um colorímetro.

A concentração celular (biomassa) do fermentado foi determinado conforme metodologia descrita por White (2010), a qual utiliza câmara de Neubauer para contagem de célula (cel L-1) e o teor alcoólico foi determinado por ebulliometria conforme descrito por Jacobson (2006).

Para análise de cor da cerveja final foi medida por meio de análise direta em um colorímetro, seguindo a escala de cores internacional (CIE- Commisione Internationale em Illuminationne) que utiliza as coordenadas: L* que representa a luminosidade (capacidade de refletir a luz), variando de 0 a 100; a* que representa a 26 transição da cor verde (-a*) para a cor vermelha (+a*); b* que representa a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

Para cerveja final foram realizados as análises de acordo com os parâmetros dos compostos bioativos de acordo com o item 4.5.

4.7 ARMAZENAMENTO

Após o processo de maturação, foi realizado o armazenamento das bebidas, armazenada em garrafas de vidro âmbar por um período de 2 meses e temperatura de 24°C, afim de avaliar o comportamento dos perfis bioativos das bebidas. As análises foram feitas no tempo 0, 15, 30,

45 e 60 dias. Foi realizado as análises de acordo com os parâmetros dos compostos bioativos de acordo com o item 4.5.

4.8 PROCESSO DE SECAGEM

Para o processo da cinética de secagem foi utilizado o bagaço do malte proveniente do processo de obtenção do mosto cervejeiro, com o objetivo de conservar o resíduo, como também verificar maiores concentrações de compostos bioativos e proteína como resposta.

A secagem foi conduzida em estufa de circulação de ar, marca Marlabor nas condições experimentais especificadas. Para a execução do processo foram utilizadas bandeja em inox arredondada, na qual o produto foi disposto nas bandejas com camadas em espessura fina de 0,5cm, com 100g de resíduo, seguido das seguintes temperaturas 50°C, 60°C, 70°C e 80°C.

Para a secagem das amostras a estufa foi ligada por cerca de 1 hora para aquecimento prévio. Ao longo do processo as amostras foram retiradas para verificação de perda de água com a periodicidade de 20 minutos, 30 minutos e uma hora, respectivamente. O término do processo foi constatado quando a massa das amostras permaneceram constante em três pesagens, sendo as amostras encaminhadas para determinação das análises conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). O equilíbrio higroscópico foi confirmado pelas massas constante das amostras durante três pesagens, concluindo assim o processo de secagem. Isto permitiu a determinação da cinética de secagem, realizada em triplicata. Após a conclusão da secagem, foram medidas as massas secas e o teor de umidade. Adicionalmente, foram realizadas análises físico-químicas e identificação de compostos bioativos para todas as temperaturas testadas ao final de todo o processo.

Os dados cinéticos foram aplicados aos modelos matemáticos citados, para verificar qual o melhor modelo descreveu o processo de secagem. Com a perda de massa e o teor de água final, foi possível determinar a razão do teor de água, descrito na (Eq. 2), na qual foi utilizado para a construção das curvas de secagem e aplicação de modelos matemáticos.

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (2)$$

Em que:

RX - razão do teor de água (adimensional);

X - teor de água, % b.s.;

X_i - teor de água inicial, % b.s.;

X_e - teor de água de equilíbrio, % b.s.

Com os dados de RX foi construído as curvas de secagem, aplicando em seguida aos modelos matemáticos de Newton, Page, Henderson e Pabis, Aproximação da difusão, Logaritmo, Wang e Singh e Midilli descrito na Tabela 3, por meio de regressões não-lineares,

utilizando o método de estimação Quasi-Newton, através do programa computacional estatístico Statistica 7.0, visando identificar o modelo que melhor represente o processo.

Tabela 3- Modelos matemáticos para a cinética de secagem.

Modelo	Equação	
Newton	$RX = \exp(-kt)$	(3)
Page	$RX = \exp(-kt^n)$	(4)
Henderson e Pabis	$RX = a \cdot \exp(-kt)$	(5)
Aproximação da difusão	$RX = a \cdot \exp(-kt) + (1-a) \exp(-k \cdot b \cdot t)$	(6)
Logarítmico	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	(7)
Wang e Singh	$RX = 1 + at + bt^2$	(8)
Midilli	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	(9)

Sendo RX é a razão do teor de água, k constante de secagem, a, b, c e n são parâmetros dos modelos e t tempo do processo. Como critério de avaliação dos modelos, foi adotado o coeficiente de determinação (R^2) proposto por (SACILIK; ELICIN, 2006).

Foram utilizados para avaliar a qualidade do ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, a magnitude do coeficiente de determinação (R^2), o desvio quadrático médio (DQM) (Equação 10) e o qui-quadrado (χ^2) (Equação 11).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RX_{pred} - RX_{exp})^2}{n}} \quad (10)$$

Em que:

DQM - desvio quadrático médio;

RX_{pred} - razão do teor de água predito pelo modelo, adimensional;

RX_{exp} - razão do teor de água experimental, adimensional;

n - número de observações.

$$\chi^2 = \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^N (RX_{exp,i} - RX_{pred,i})^2 \quad (11)$$

Em que:

χ^2 - qui-quadrado;

RX_{pred} - razão de teor de água predita pelo modelo;

RX_{exp} - razão de teor de água experimental;

N – número de observações; n – número de constantes do modelo.

4.9 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E COMPOSTOS BIOATIVOS

Após a secagem as amostras foram avaliadas do ponto de vista físico-químico quanto a umidade, acidez total titulável, pH, sólidos solúveis totais por refratometria e proteína bruta, ademais seguirão metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Na caracterização dos compostos bioativos foram realizadas as análises de compostos fenólicos totais (mg/100 g) pelo método de Folin & Ciocalteu (WATERHOUSE, 2006), taninos totais pelo método de Swain e Hill (1959), carotenoides ($\mu\text{g}/100\text{ g}$) proposta por Lichtenthaler (1987), e flavonoides (mg/100 g) e antocianinas (mg/100 g) conforme método descrito por Francis (1982).

4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para caracterização da cerveja final foi utilizado o software ASSISTAT, versão 7.2 betas. O delineamento utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados (DIC) e os resultados foram avaliados por ANOVA, seguido por teste de Tukey. Os resultados foram apresentados como média \pm desvio padrão, e uma probabilidade $p \leq 0,05$ foi considerada significativa (SILVA; AZEVEDO, 2002).

As variáveis analisadas neste estudo foram beterraba e polpa de cajá, juntamente com suas respectivas concentrações (v/v). Para avaliar os efeitos dessas variáveis, foram utilizados como respostas a concentração de células (g/L), formação de produto (g/L), consumo de substrato (g/L), respectivamente. Foi utilizado o software OriginPro v. 9.0 para análise de dados e geração de gráficos, conforme analisados os parâmetros cinéticos fermentativos ($^{\circ}\text{Brix}$, pH, Acidez total titulável, açúcares redutores totais e concentração celular).

No armazenamento desse estudo as variáveis analisadas foram beterraba e polpa de cajá, juntamente com suas respectivas concentrações (v/v). Para avaliar os efeitos dessas variáveis, foram utilizados como respostas de compostos fenólicos totais (mg/100 g), taninos totais (mg/100g), carotenoides ($\mu\text{g}/100\text{ g}$), betacianinas (mg/100g), betaxantinas (mg/100g) e betalaínas (mg/100g). Foi utilizado o software OriginPro v. 9.0 para análise de dados e geração de gráficos.

Os dados da cinética de secagem foram submetidos à Análise de Variância pelo Delineamento Inteiramente Casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa ASSISTAT, versão 7.2 betas (SILVA; AZEVEDO, 2002).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS UTILIZADAS

Os resultados médios obtidos para análises microbiológicas na polpa de cajá e na beterraba estão exposto na Tabela 4. Observou-se que a polpa de cajá apresentou ausência de contaminação, estando dentro dos padrões estabelecidos pela Instrução Normativa nº 161, de 01º de julho de 2022 (BRASIL, 2022), no entanto, a beterraba apresentou contaminação microbiana, acima dos padrões permitidos pela legislação.

Sendo que a legislação vigente IN de nº 161, de 01º de julho de 2022 (BRASIL, 2022) trata o parâmetro Esc. Coli com valores 5×10^2 para polpa de cajá e 5×10^4 para beterraba. No entanto, o meio de cultura específico para essa análise não foi adquirido em tempo hábil pelo laboratório. Durante a realização deste trabalho utilizamos o meio de cultura ao qual tem a função de identificar como presença/ausência a bactéria citada.

No entanto a legislação não estabelece parâmetros para Estafilococos Coagulase positiva em polpas de frutas, assim indicando a ausência de contaminação microbiana, o que permite afirmar que os procedimentos de boas práticas de fabricação da polpa foram executados de forma apropriada garantindo a segurança alimentar. Isso pode ser explicado pelo pH ácido da polpa de cajá, bem como pela alta quantidade de carboidratos geralmente encontrado no fruto.

Tabela 4- Resultados médios das análises de *Escherichia coli*, Fungos Filamentosos e leveduras, Estafilococos Coagulase positiva e *Salmonella*/25mL da polpa de cajá e da beterraba

Parâmetros	Polpa de cajá	Beterraba	Legislação	
			Polpa de cajá	Beterraba
<i>Escherichia coli</i> /mL	Ausente	Presente	5×10^2	5×10^4
Estafilococos Coagulase positiva (UFC/mL*)	$4,06 \times 10^2$	$5,06 \times 10^4$	-	-
Fungos filamentosos e leveduras (UFC/mL)	Ausente	$5,47 \times 10^4$	5×10^4	-
<i>Salmonella</i> /25mL	Ausente	Presente	Ausente	Ausente

*Unidade Formadora de Colônias por mililitros.

Verificando os dados da Tabela 4, a beterraba apresentou presença de *Escherichia coli*/mL e *Salmonella*/25mL, não foram encontrados valores padrões para Fungos filamentosos e leveduras, Estafilococos Coagulase positiva, apontando a presença de contaminação microbiana, sendo inadequados para o consumo humano.

Diante disso, a presença destes microrganismos podem ser justificados pelo fato de que naturalmente os tubérculos possuem microrganismos, mesmo passando por higienização houve apenas uma redução e não eliminação total, como também o tempo de contato entre a solução sanitizante e a superfície da beterraba pode ter sido insuficiente, visto que a estrutura física da beterraba, tem suas superfícies irregulares e possíveis fissuras, que podem proteger os microrganismos, dificultando a ação do sanitizante.

Na Tabela 5, observa-se os resultados médios e desvio padrão da caracterização físico-química e dos compostos bioativos da polpa de cajá e da beterraba.

Observando os resultados obtidos os valores médios de pH foram de 3,09 e 6,22 para a polpa de cajá e beterraba respectivamente. Provavelmente, a diferença estar com relação por se uma polpa de fruta que costumam ser muito ácida quando comparado com a beterraba que é uma tuberosa com baixa acidez. Sendo, que o pH é uma particularidade intrínseca do alimento, e pode influenciar no crescimento microbiológico, inibindo ou favorecendo (COSTA et al., 2022). Assim, quanto maiores forem os valores de pH, maior a facilidade para bactérias e fungos se desenvolverem.

Tabela 5- Resultados médios da caracterização físico-química e compostos bioativos da polpa de cajá e da beterraba

Parâmetros	Polpa de cajá	Beterraba
pH	3,09±0,01*	6,22±0,02
Acidez total titulável (%)	1,14±0,00	0,17±0,00
SST** (°brix)	8,00±0,00	10,00±0,00
Compostos Fenólicos (mg/100g)	148,49±0,00	220,02±0,00
Taninos totais (mg/100g)	189,86±0,00	276,61±0,00
Carotenoides (µg/100g)	287,64±0,00	725,14±0,00
Betacianinas (mg/100g)	0,03±0,00	62,87±0,00
Betaxantinas (mg/100g)	0,14±0,00	31,92±0,00
Betalaínas totais (mg/100g)	0,17±0,00	94,79±0,00

*Média ± desvio padrão. **Sólidos solúveis totais.

De acordo com MAPA sob normativa n°. 37 de 1 de outubro de 2018 (BRASIL, 2018), preconiza que a polpa de cajá deve conter no mínimo 2,20 de pH e acidez expressa em ácido cítrico de no mínimo 0,9% (BRASIL, 2018), portanto, a polpa de cajá encontra-se dentro dos

padrões estabelecidos. Entretanto o resultado relatado nos estudos de Silva, Silva, Zuniga (2022) obtiveram valor semelhante do presente estudo com pH de 3,23 na polpa de cajá. Rodrigues et al. (2022) avaliando polpa de cajá integral e probiótica, obtiveram valor de pH de 2,91 para polpa de cajá integral que também se aproximou ao obtido nesta pesquisa.

Gouvea et al. (2020) analisou a farinha do talo da beterraba e encontraram resultado de pH igual a 5,70, resultado próximos ao do presente estudo. Resultados semelhantes aos observados nesse trabalho foram verificados por Pacheco et al. (2021) ao avaliarem beterrabas oriundas de diferentes densidades de palhada de milho foram encontrados pH variando de 5,80 a 6,00.

De acordo com Oliveira et al. (2016) o pH apresenta influência direta na cor e na química dos pigmentos da beterraba, principalmente betalaínas, que são substâncias muito instáveis. Santos (2017) corrobora afirmando que a estabilidade da betalaínas é de 3,0 a 7,0 para o pH, na presença de oxigênio, e muda na presença de luminosidade após a extração dos frutos do solo.

Com relação à acidez total titulável verificou-se que os valores médios foi superior para a polpa de cajá de 1,14% e a beterraba foi de 0,17%.

A acidez total titulável para a polpa de cajá apresentou valor acima do padrão mínimo estabelecido, porém a legislação não preconiza um valor máximo para essa polpa de fruta. O valor de acidez expressa em ácido cítrico encontrado neste trabalho está em acordo com os resultados obtidos por Oliveira et al. (2023), que foi de 1,25% de acidez ao analisar a polpa de cajá, corroborando com o resultado encontrado por Silva et al. (2020), que avaliou polpa de Taperebá (*Spondias Mombin* L.) e encontrou valores de 1,53% a 2,01%.

O teor de acidez total titulável em beterraba sob aplicação de insumo orgânico encontrados por Ferreira et al. (2020) foram de 0,08 a 0,10% valores próximos ao teor obtido nesse estudo. Melo Filho (2019) observou valores próximos ao analisar a polpa de beterraba com sais na água irrigada verificou-se que a acidez titulável foi de 0,08 g de ácido cítrico para 0,16 g de ácido cítrico.

Analisando os valores de pH e acidez encontrados neste trabalho, pode-se afirmar que há uma relação inversamente proporcional entre estes parâmetros, pois quanto menor o pH maior a acidez encontrada.

Diante dos resultados obtidos, os teores de sólidos solúveis totais foram de 8,00 °Brix para a polpa de cajá e 10,00 °Brix a beterraba. Quanto ao resultado obtido SST da polpa de cajá verificou-se inferior ao padrão estipulado pela legislação vigente, que é o mínimo de 9,00 °Brix (BRASIL, 2018). O resultado deste estudo aproximou-se aos de Torres et al. (2020) analisando quatro diferentes marcas de polpas de cajá observaram uma variação de 4,50°Brix a 10,33°Brix. Vieira (2019), trabalhando com polpa de taperebá (*Spondias Mombin* L.) para produção de

bebida foram encontrados brix entre 12,3 e 12,5 °Brix. Segundo Sousa (2019), o índice de maturação do fruto está relacionado ao teor de sólidos solúveis, que indica o melhor momento de colheita, quanto maior for esse valor, mais maduro o fruto estará.

O valor encontrado para SST na beterraba (10,00 °Brix) foi semelhante ao resultado encontrado por Rosa et al. (2020) em suco integral de beterraba, com valor de 10,60° Brix. Cardoso, Lobo (2021) avaliaram sólidos solúveis da polpa de beterraba vermelha in natura, obtendo valor de 9,66 °Brix, valor esse inferior ao encontrado no presente estudo. Vale ressaltar que as variações de SST encontradas para um mesmo vegetal, podem ser decorrentes de diversos fatores como: parte do vegetal, cultivar, tipo de solo, clima, adubos utilizados, época e local de plantio, método de conservação, comercialização e grau de maturação.

Em relação ao teor de compostos fenólicos foram de 220,02 mg/100g beterraba e com 148,49 mg/100g para polpa de cajá. Esse mesmo comportamento pode ser observado na concentração de taninos totais, com valor de 276,61 mg/100g para beterraba e 189,86 mg/100g para a polpa.

Nascimento et al. (2019) avaliando frutos do Cerrado do Norte de Minas Gerais, verificaram em extratos da polpa de cajá valor médio inferior de 58,27 mg AGE/100g. Oliveira (2023) encontrou valores mais elevados para extratos da semente do cajá variando de 173,32 a 309,45 mg EAG/L. O teor de compostos fenólicos encontrados em frutos pode variar bastante dependendo da espécie, da safra, do local, da época da colheita e da estação do ano, assim como também a distinção das partes analisadas. De modo geral, o resultado deste estudo indica que a polpa apresenta um alto potencial de compostos bioativos.

Dias et al. (2023) ao analisar o efeito da concentração de zinco sobre os compostos fenólicos em microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.) encontrou valor de 383,3 mg/100g, resultado superior a faixa de valor observado na pesquisa. Contudo os valores obtidos pelos autores referem-se a microverdes e não a tubérculos de beterraba. Ramos et al. (2017) obtiveram compostos fenólicos de 77,81 mg/100g e 84,06 mg/100g em beterrabas crua e cozida, respectivamente, valores muito inferiores aos encontrados nesse trabalho.

Na literatura há uma ausência em trabalhos que quantifiquem os teores de taninos totais na polpa de cajá e na beterraba. De acordo com Soares et al. (2020) apontam que uma grande porção de nutrientes e compostos antioxidantes, como os taninos, estão presentes nas cascas e nas sementes das frutas e verduras, sendo geralmente consideradas as partes da matéria vegetal desprezadas pelas indústrias.

Segundo Singh et al. (2017) os compostos fenólicos e os taninos são metabólitos secundários bioativos amplamente distribuídos, agem como antioxidantes pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons e em virtude de seus radicais intermediários estáveis, que

impedem a oxidação de vários ingredientes dos alimentos. Eles têm um papel na inibição do crescimento de patógenos e na decomposição de microrganismo.

O teor de carotenoides da beterraba foi de 725,14 $\mu\text{g}/100\text{g}$, enquanto o da polpa de cajá foi de 287,64 $\mu\text{g}/100\text{g}$. A beterraba apresenta resultado muito superior ao da polpa de cajá. A variação no comportamento dos carotenoides ocorre devido às características distintas dos alimentos. A maneira como esses compostos bioativos são retidos e preservados varia conforme a composição da matriz alimentar específica de cada espécie e variedades de alimentos. Como pode-se observar não foram encontrados estudos na literatura para comparar os resultados, frente ao parâmetro mencionado para polpa de cajá e beterraba.

Bemfeito et al. (2020) corroboram que o teor de carotenoides presentes nos alimentos varia devido a diferentes fatores, resultando em variações tanto qualitativas e quantitativas. Isso justifica as diferenças nos resultados encontrados, visto que foi analisado a beterraba in natura ao qual obteve-se maior teor de carotenoides, quando comparado com a polpa de cajá que foi passado por um método de processamento.

Os resultados para betacianinas foram de 62,87 $\text{mg}/100\text{g}$ para beterraba e de 0,03 $\text{mg}/100\text{g}$ para a polpa de cajá. Com relação aos teores de betaxantinas foi observado o mesmo comportamento na concentração de betacianinas, com 31,92 $\text{mg}/100\text{g}$ para beterraba e 0,14 $\text{mg}/100\text{g}$ para a polpa.

Barbu et al. (2020) observaram valores superiores em cubos de beterraba fresca sem bactérias lácticas na amostra controle 147,90 mg/L de betacianinas e 64,68 mg/L de betaxantinas. Shakir, Simone (2024) ao analisarem o pó de casca de beterraba extraído em diferentes solventes obtiveram variações de 98,7 a 253,0 mg/L para as betacianinas e 72,9 a 165,2 para as betaxantinas, valores esses superiores aos encontrados no presente estudo.

As betalaínas são subdivididas em betacianinas que apresentam uma coloração vermelho violeta e as betaxantinas uma coloração amarelo-laranja. Entretanto as betacianinas são consideravelmente mais estáveis que as betaxantinas, tanto em temperatura ambiente, quanto após aquecimento. Todavia, não foram encontrados dados comprobatórios da polpa de cajá para comparação em relação ao parâmetro analisado.

Comparando-se os teores de betalaínas da beterraba de 94,79 $\text{mg}/100\text{g}$ com a polpa de cajá 0,17 $\text{mg}/100\text{g}$.

O valor obtido da beterraba encontra-se, superior ao analisado por Santos (2017) em extratos de talos e bulbos de beterraba vermelha que foram 77 $\text{mg}/100\text{mL}$ e 36,8 $\text{mg}/100\text{mL}$, respectivamente. Ferreira et al. (2021) em estudo do extrato e das microcápsulas de beterraba observou dados superiores de betalaínas com 176,04 $\text{mg}/100\text{g}$ para o extrato e 131,34 $\text{mg}/100\text{g}$

para a microcápsulas. No entanto, não foram encontrados pesquisas científicas e estudos comprobatórios para a polpa na literatura para uma discussão aprofundada desse parâmetro.

De acordo com Kushwaha, Kumar, Kaur (2018) as betalaínas variam muito dependendo da época de colheita, condições climáticas, variedade, partes da planta, estágio de maturação e extração ou métodos de preservação afetam o conteúdo de betalaínas na extração. Entretanto quando se trata de beterraba, o teor de betalaínas geralmente correlacionada com a atividade antioxidante.

Santos et al. (2020) afirmam que as betalaínas são propensas a degrada-se após a extração, portanto, é necessário fatores para preservar a estabilidade das moléculas, realizando controle de fatores ambientais, como temperatura, oxigênio, luz e pH, assim como controlar os fatores endógenos, como a presença de enzimas ou metais, que possam acelerar essa degradação.

5.2 PROCESSO CINÉTICO FERMENTATIVO

Na Figura 2 estão representados os valores dos sólidos solúveis totais (°Brix) observados durante o processo de fermentação do mosto cervejeiro adicionado de beterraba polpa de cajá.

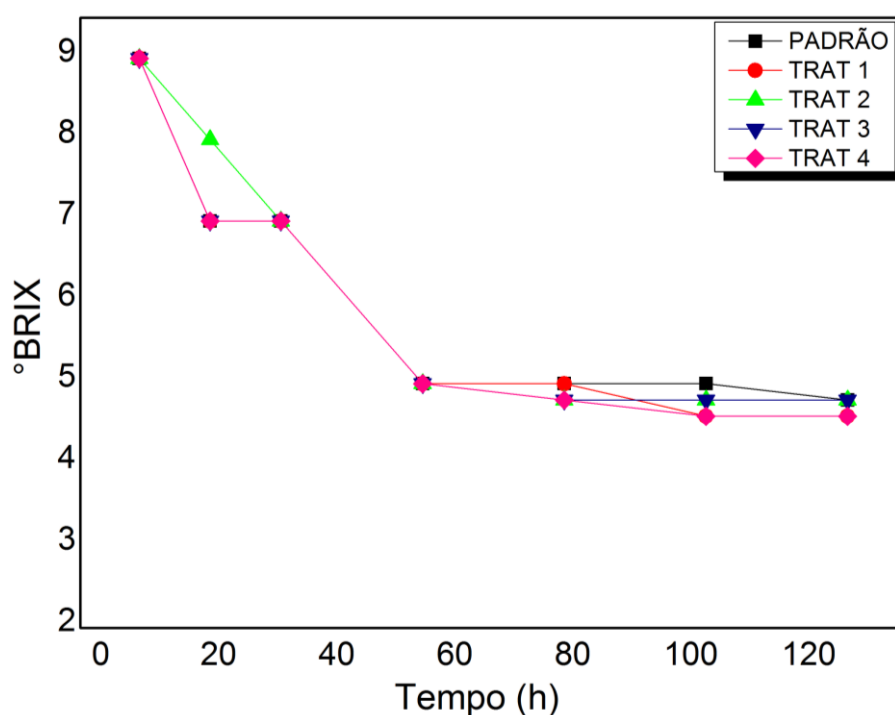


Figura 2. °Brix do mosto cervejeiro do processo cinético da fermentação alcoólica. Padrão: não contém beterraba e polpa de cajá. Tratamento 1: 1% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Tratamento 2: 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá; Tratamento 3: 4% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Tratamento 4: 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).

Percebe-se que ao longo da fermentação, as leveduras consumiram os açúcares fermentáveis, o que resultou na redução do valor dos sólidos solúveis totais e consequente produção de etanol. Inicialmente, nas primeiras 12 horas ocorreu uma pequena variação, podendo ser atribuído à adaptação e crescimento celular, comumente conhecida como fase de adaptação do microrganismo. Posteriormente, entrou na fase exponencial, na qual a maior parte dos açúcares fermentáveis são consumidos, como pode ser observado em todos os tratamentos. Após 48, iniciou-se a fase de desaceleração e o teor de sólidos solúveis (°Brix) teve uma pequena diminuição nas 72 horas seguintes.

Ao final do processo com a estabilização dos valores do teor de sólidos solúveis totais, dos tratamentos padrão, 2 e 3 estacionaram em 4,8 °Brix, enquanto os tratamentos 1 e 4 em 4,6 °Brix. No entanto, o valor final permaneceu próximo para todos os tratamentos, indicando que as leveduras consumiram os carboidratos, resultando na produção de etanol e CO₂ durante a fermentação e restando apenas açúcar residual, bem como outros açúcares (sacarose, glicose e frutose) resultantes da beterraba e da polpa de cajá.

Silva et al. (2020) e Fernandes et al. (2021) corroboram com os resultados deste estudo, demonstrando uma correlação entre a redução do teor de sólidos solúveis totais e a elevação do teor alcoólico. Lima (2023) observou o mesmo comportamento ao produzir cerveja artesanal com adição de goiaba vermelha e flocos de aveia, onde ocorreu uma diminuição no teor de sólidos solúveis totais de 12,43 °Brix para 6,30 °Brix. Segundo Nogueira et al. (2019) justificam ainda mais esse fenômeno, atribuindo a redução desse parâmetro ao consumo dos açúcares fermentescíveis pelas leveduras.

Na Figura 3, encontram-se os resultados dos perfis de variação do pH e acidez total titulável durante a cinética de fermentação do mosto cervejeiro. O tratamento padrão não apresentou semelhança aos demais tratamentos, com um valor médio de pH de 5,90, que diminuiu para 3,93 ao final da fermentação. Observou-se que no início os tratamentos apresentaram valores de pH entre 4,27 e 5,90, com menores valores iniciais nos tratamentos 2 e 4 com 4,27 e 4,35. Além disso, todos os tratamentos mantiveram um decréscimo no pH durante as 120 horas, sendo os tratamentos 2 e 4 com menores valores finais de 3,69 e 3,74.

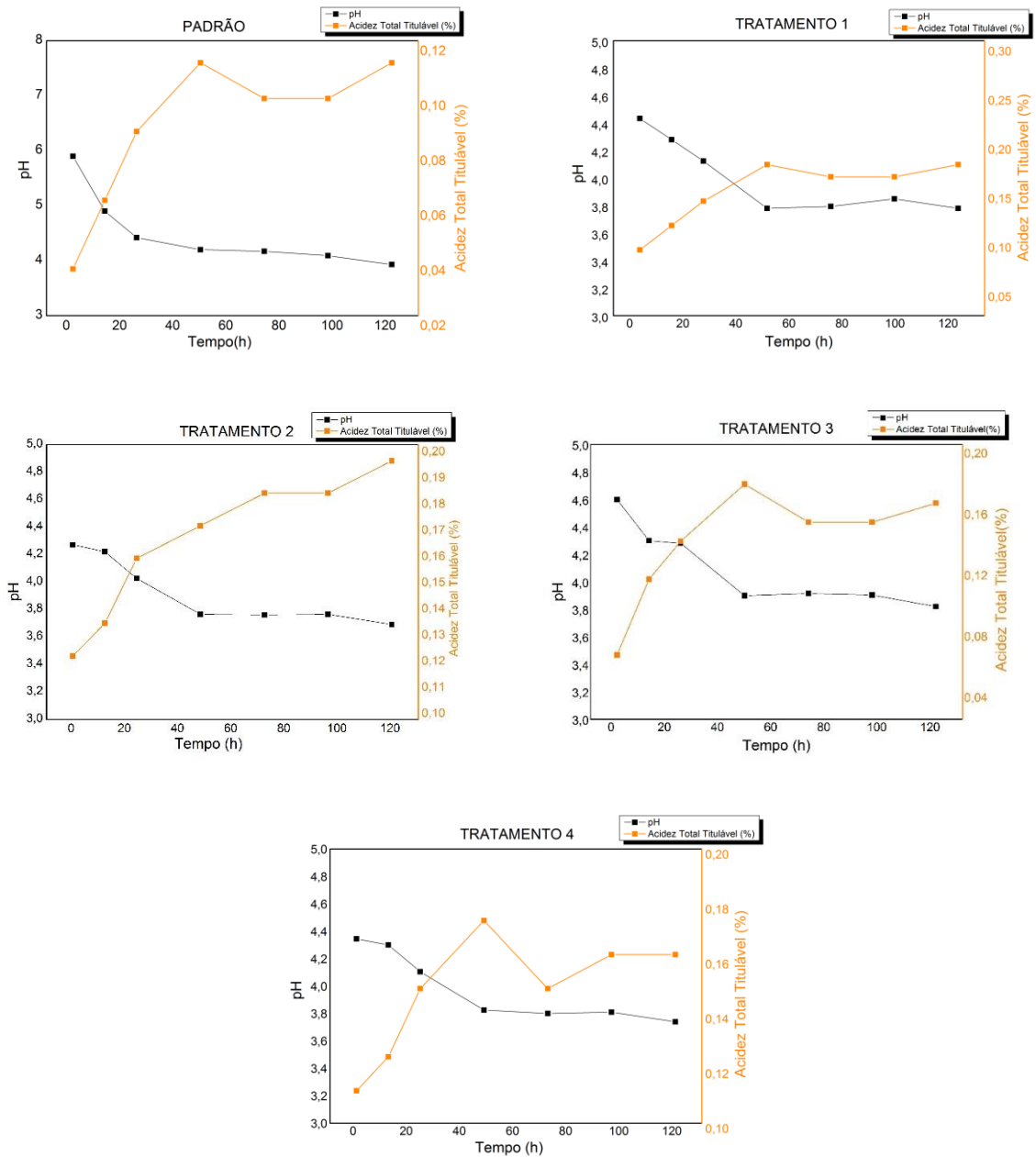


Figura 3. Perfil da variação do pH e acidez total titulável do mosto cervejeiro do processo cinético da fermentação alcoólica. Tratamento 1: 1% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Tratamento 2: 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá; Tratamento 3: 4% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Tratamento 4: 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).

No entanto, a adição da beterraba e da polpa de cajá no mosto cervejeiro, resultou em uma redução do pH em todos os tratamentos desde o início da fermentação em comparação com o tratamento padrão. Contudo os tratamentos contendo maiores porcentagens de polpa de cajá durante toda cinética apresentaram menores valores de pH, sendo o tratamento 2 utilizado 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá no mosto e o tratamento 4 utilizado 4% de beterraba e 15% de polpa de cajá. Essas diferenças podem, portanto, ser devidas à faixa de pH de 3,09 da

polpa de cajá. Essa diminuição do pH poderia ser confirmado pela produção de ácidos orgânicos, como ácidos acético, láctico e succínico produzidos pelas leveduras ao longo do processo fermentativo.

Alves (2022) ao produzir fermentados a partir de suco de beterraba com casca de laranja pêra, foi encontrando ao final da fermentação valor de pH 3,75, o presente estudo apresentou valores semelhantes para todos os tratamentos com adição de beterraba com 1% e 4%.

Silva (2023) ao realizar a cinética de fermentação em cerveja de trigo enriquecida com abacaxi pérola e cenoura, encontrou pH de 4,50 para cerveja padrão e para os experimentos com adição de cenoura variando de 4,74 e 4,78. Galvão, Ribeiro e Pompêu (2019) verificou resultados superiores ao realizarem o estudo do processo produtivo de cerveja artesanal utilizando mandioca como adjunto cervejeiro, encontrando valor de pH de 4,41 para a cerveja com mandioca e 4,27 para a cerveja puro malte. Essas discrepâncias podem ser atribuídas à influência da combinação entre beterraba e a polpa de cajá, pois o pH pode variar dependendo do tipo de matéria-prima utilizada.

Podendo ser observado que o pH por sua vez, inversamente interligado à acidez, apresentando em ambos os tratamentos o aumento da acidez e conseqüentemente redução do pH ao longo do processo fermentativo que são decorrentes da produção de ácidos orgânicos.

Em relação a acidez total titulável na Figura 3, pode ser visto o aumento até as 48 horas para tratamentos padrão, 1, 3 e 4, isto pode ser atribuído à presença de levedura, que inicia o processo de fermentação quebrando os açúcares e produzindo ácido acético, com estabilidade presente das 72 às 96 horas, à medida que os açúcares são consumidos, porém, no final da fermentação, verifica-se um aumento da acidez para ambos os tratamentos. Com exceção do tratamento 2 que se manteve linear durante o processo fermentativo, podendo ser explicado pelo comportamento do °Brix.

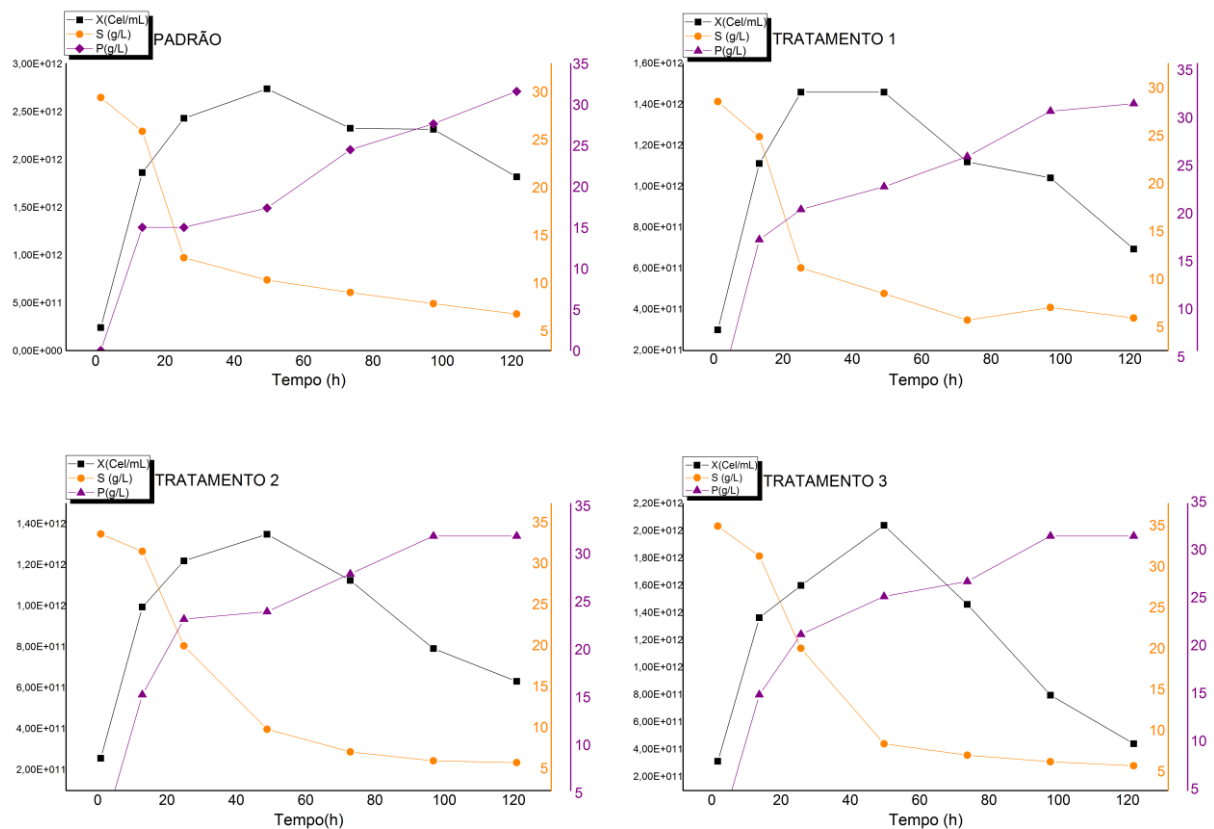
Os resultados mostraram que os tratamentos 1 (1% de beterraba e 10% de polpa) e 2 (1% de beterraba e 15% de polpa) ao fim da fermentação foram mais ácidos com 0,17% e 0,20%, respectivamente, enquanto os tratamentos 3 (4% de beterraba e 10% de polpa) e 4 (4% de beterraba e 10% de polpa) com 0,16%, essa diferença pode ser justificada pela influência da polpa de cajá no mosto cervejeiro, visto que a acidez total da polpa de cajá foi superior a beterraba, com 1,14% e 0,17 %, respectivamente. Além disso, os resultados finais enfatizam que a alteração da concentração de beterraba e polpa de cajá leva a uma variação de acidez mais pronunciada, resultando em uma cerveja excepcionalmente refrescante.

Almeida et al. (2020) perceberam comportamento similar ao desta pesquisa, ao estudar ao processo fermentativo de bebidas alcoólicas de mangaba com acidez variando de 0,71% a 079%. Duarte, Tomé e Fragiorge (2018) observaram o mesmo que foi constatado por esta

pesquisa que, ao analisarem fermentado alcoólico da polpa de banana nanica constataram a elevação de acidez total durante o período de fermentação.

Na Figura 4 encontram-se os perfis da cinética de fermentação alcoólica dos cinco tratamentos, onde podemos observar o crescimento celular X (cel/mL) nas primeiras 48 horas, o consumo do substrato S (g/L) após 12 horas, seguido da formação do produto P (g/L).

Em todos os tratamentos é possível identificar um aumento significativo no crescimento celular até as 24 horas, em contrapartida, os demais tratamentos diminuíram após as 48 horas, sendo possível notar que o tratamento padrão obteve menor decréscimo no crescimento celular de $1,82 \times 10^{12}$ cel/mL, indicando que a adição do tubérculo e da polpa de cajá afetou toda a cinética fermentativa, potencializando as mesmas, através das leveduras que foram adicionadas. Desse modo, após o decréscimo todos os tratamentos apresentaram uma redução no consumo do substrato (g/L), após as 48 horas, na qual podemos observar a formação do etanol no final da fermentação.



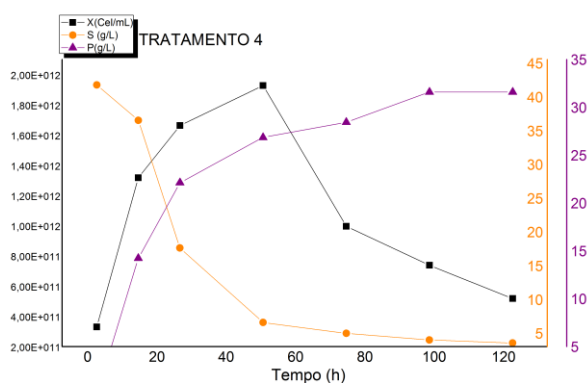


Figura 4. Cinética fermentativa referente aos experimentos do processo da fermentação alcoólica. Tratamento 1: 1% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Tratamento 2: 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá; Tratamento 3: 4% de beterraba e 10% de polpa de cajá; Tratamento 4: 1% de beterraba e 15% de polpa de cajá. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).

Podemos observar que os tratamento 1 com menor percentual de beterraba e polpa de cajá, quando comparado com os demais tratamentos, apresentou menor teor alcoólico 30,81 g/L no final da fermentação, evidenciando que as menores concentrações utilizadas afetaram diretamente o processo. Por conseguinte, os tratamentos com maiores percentuais das matérias primas adicionadas, foram reportadas pelos tratamentos 3 e 4, ambas com 31,6g/L, sendo estes valores condizente com tratamento padrão, evidenciando que a beterraba e a polpa de cajá quando comparado com a padrão, não influenciou de forma significativa para maior formação do produto.

É importante destacar que as quantidades de etanol produzidas, variam não apenas pela quantidade de insumos adicionados, e sim, por outros fatores como teor de substrato, concentração, tipo, quantidade de levedura, temperatura e pH de acordo com VALENTIM et al., (2021), justificando assim, a similaridade dos valores obtidos, nos tratamentos padrão, 2, 3 e 4. Portanto, a partir do processo da cinética de fermentação, os mostos obtidos ao final da cinética apresentaram teor alcoólico 3,9% para o tratamento1 e 4,0% para os tratamentos padrão, 2, 3 e 4, podendo ser considerados de baixo teor alcoólico, conforme a legislação brasileira, que preconiza um baixo teor entre 2% e 4,5% de álcool (BRASIL, 2019).

5.3 ARMAZENAMENTO

Na Figura 5 encontram-se o comportamento dos compostos fenólicos totais da cerveja ao longo do tempo do armazenamento. Conforme os dados expresso no figura abaixo, o tratamento padrão apresentou maior teor de compostos fenólicos totais (CFT) inicial de 35,46 mg/100g e final de 31,90 mg/100g, no entanto ocorreu uma aumento mais visível após os 30 dias de armazenamento para o tratamento 3 que iniciou em 20,88 mg/100g e finalizou 28,35 mg/100g

e o tratamento 4 iniciou em 22,49 mg/100g e finalizou 28,02 mg/100g, entretanto os tratamentos 1 e 2 obtiveram as menores concentrações de compostos chegando ao fim do armazenamento com 20,51 e 22,42 mg/100 g, respectivamente.

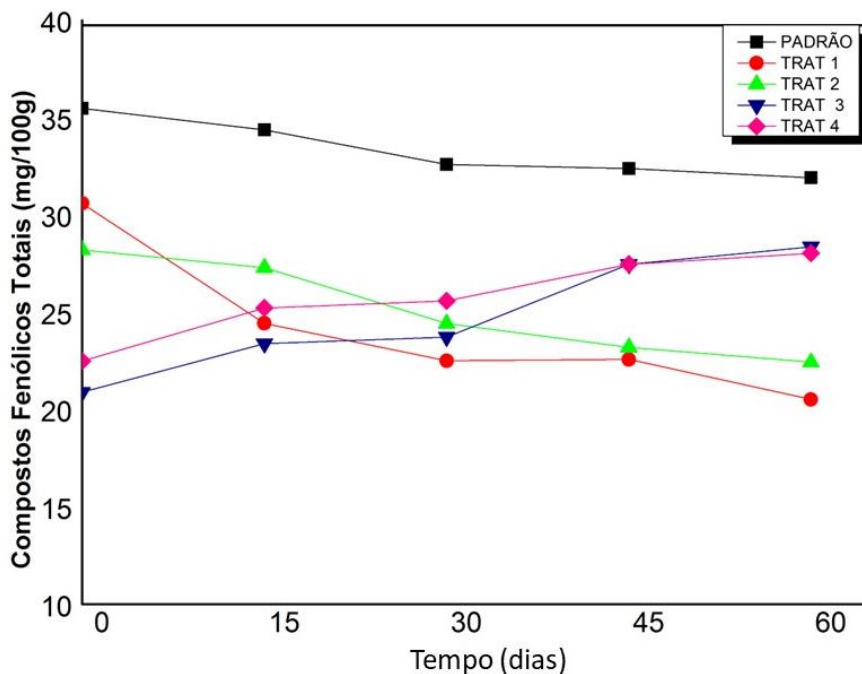


Figura 5. Compostos fenólicos totais (mg/ 100g) de acordo com os tratamentos e o tempo de armazenamento das amostras de cerveja. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).

Os teores de compostos fenólicos variaram nos tratamentos devido as concentrações de beterraba e polpa de cajá. Sendo possível relacionar os compostos fenólicos com as alterações observadas na cor, amargor, teor alcoólico e atividade antioxidante durante o armazenamento dos tratamentos. No entanto, o tratamento padrão possui a maior concentração de CFT, podendo ser justificado por apresentar maior teor alcoólico no armazenamento da cerveja final, por sua vez, propicia maior solubilidade dos compostos fenólicos quando comparado aos demais tratamentos que apresentaram teor alcoólico inferior. Além disso, ao longo do tempo, podem ocorrer alterações nos teores de CFT devido aos tipos de ingredientes utilizados, o processo de produção, através de reações de oxidação ou polimerização com moléculas de proteínas tornando-os insolúveis.

Segundo Nardini e Garaguso (2020), a incorporação desses ingredientes em diferentes etapas do processo produtivo tem o potencial de impactar a composição geral da bebida. Além disso, alguns autores notaram que o teor de compostos fenólicos da cerveja pode diminuir durante o armazenamento em garrafas como resultado de reações oxidativas (MARTINEZ-GOMEZ; CABALLERO; BLANCO, 2020).

Conforme a Figura 6 verificar-se o comportamento dos taninos totais da cerveja ao longo do tempo o armazenamento. Nota-se que os taninos totais, assim como CFT apresentou maior teor de taninos totais no tratamento padrão inicial 61,53 mg/100g e final de 55,24 mg/100g, havendo uma redução (6,29 mg/100g) após os 15 dias de armazenamento. Verifica-se que os tratamentos 1 e 3 apresentaram o mesmo comportamento se mantendo constante do 15 aos 45 dias, seguindo de um decréscimo até os 60 dias, variando de 52,12 a 36,90 mg/100g redução (15,22 mg/100g) e 46,55 a 38,83 mg/100g (7,72 mg/100g), respectivamente. Por outro lado, o tratamento 1 apresentou menor concentração de taninos totais 36,90 mg/100g ao final do armazenamento.

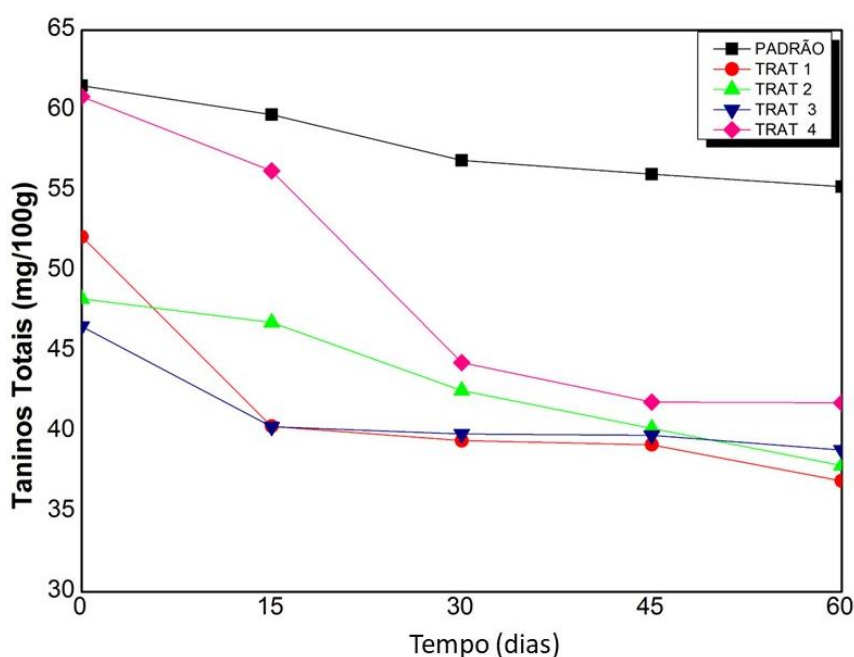


Figura 6. Taninos totais (mg/ 100g) de acordo com os tratamentos e o tempo de armazenamento das amostras de cerveja. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).

As características antioxidantes dos taninos totais, são semelhantes às dos compostos fenólicos, assim auxiliando na proteção da cerveja contra a oxidação. Além disso, os taninos têm capacidade interagir com as proteínas da cerveja, resultando na formação de complexos que contribuem para a sua turbidez. No entanto, a concentração mais elevada de taninos no tratamento padrão pode conferir um sabor ou amargo a cerveja e pode potencialmente resultar numa turvação persistente.

Na Figura 7 observa-se o comportamento dos carotenoides da cerveja ao longo do período de armazenamento. Diante dos resultados apresentados, percebe-se que o teor de carotenoides apresentou uma redução ao longo dos 60 dias de armazenamento para todos os tratamentos. Sendo possível observar que os tratamentos com maior concentração de tubérculo

apresentaram maiores concentrações de carotenoides ao final do armazenamento, o tratamento 3 com teor inicial 149,10 $\mu\text{g}/100\text{g}$ e final 105,27 $\mu\text{g}/100\text{g}$ (redução 43,83 $\mu\text{g}/100\text{g}$) e o tratamento 4 com inicial 138,49 $\mu\text{g}/100\text{g}$ e final 93,10 $\mu\text{g}/100\text{g}$ (redução 45,39 $\mu\text{g}/100\text{g}$). O tratamento padrão teve a menor concentração de carotenoides inicial de 47,52 $\mu\text{g}/100\text{g}$ durante o processo, após os 60 dias de armazenamento chegando a 24,13 $\mu\text{g}/100\text{g}$ valor final com uma redução de 23,39 $\mu\text{g}/100\text{g}$.

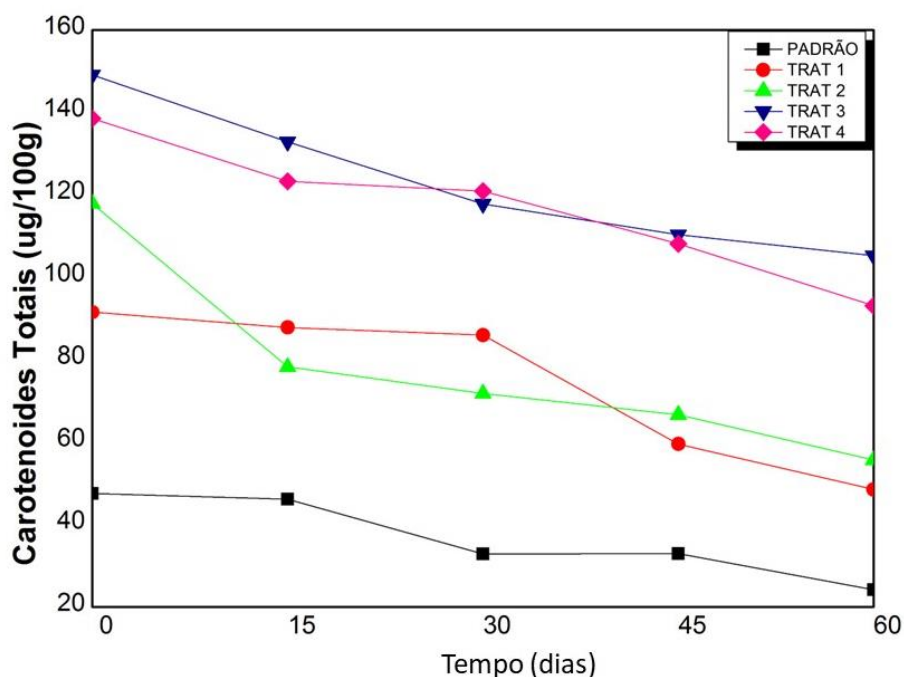


Figura 7. Carotenoides ($\mu\text{g}/100\text{g}$) de acordo com os tratamentos e o tempo de armazenamento das amostras de cerveja. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).

No geral, constatou-se que a adição das diferentes concentrações de beterraba e polpa de cajá aumentou o teor de carotenoides em ambos os tratamentos, assim protegendo a cerveja contra os danos causados pela luz e pelo oxigênio, contribuindo para a estabilidade. A cerveja durante o armazenamento, além de interagir com outros compostos bioativos, também melhora seu efeito antioxidante e contribui para um sabor mais complexo e agradável.

Observa-se na Figura 8 o comportamento das betacianinas da cerveja ao longo do tempo o armazenamento. De acordo com os resultados para o parâmetro de betacianinas, é evidente que a cerveja obteve um aumento para os tratamentos 2 com 0,46 $\text{mg}/100\text{g}$, tratamento 3 com 0,57 $\text{mg}/100\text{g}$ e tratamento 4 com 0,53 $\text{mg}/100\text{g}$, quando comparados com os tratamentos padrão e 1 que tiveram valores de 0,32 e 0,30 $\text{mg}/100\text{g}$, respectivamente. Todavia, o maior teor de betacianinas foi no tratamento 3 e os menores no tratamento padrão e 1.

Os tratamentos 3 e 4 com maiores concentrações de beterraba, resultaram em maiores concentrações de betacianinas ao longo do tempo. Isso pode ser explicado pela maior

quantidade inicial de betacianinas presente na beterraba, conforme indicado na Tabela 5. A estabilidade desses compostos pode ser atribuída a condições de armazenamento adequadas e à matriz da cerveja que pode ajudar a protegê-los. Em contrapartida, os tratamentos padrão, 1 e 2 se mantiveram abaixo de 0,30 mg/100g durante todo período de armazenamento, com exceção do tratamento 2 ao final do armazenamento com 0,46 mg/100g, indicando que o fruto do cajá mesmo em maior concentração, não possui grande quantidade de betacianinas.

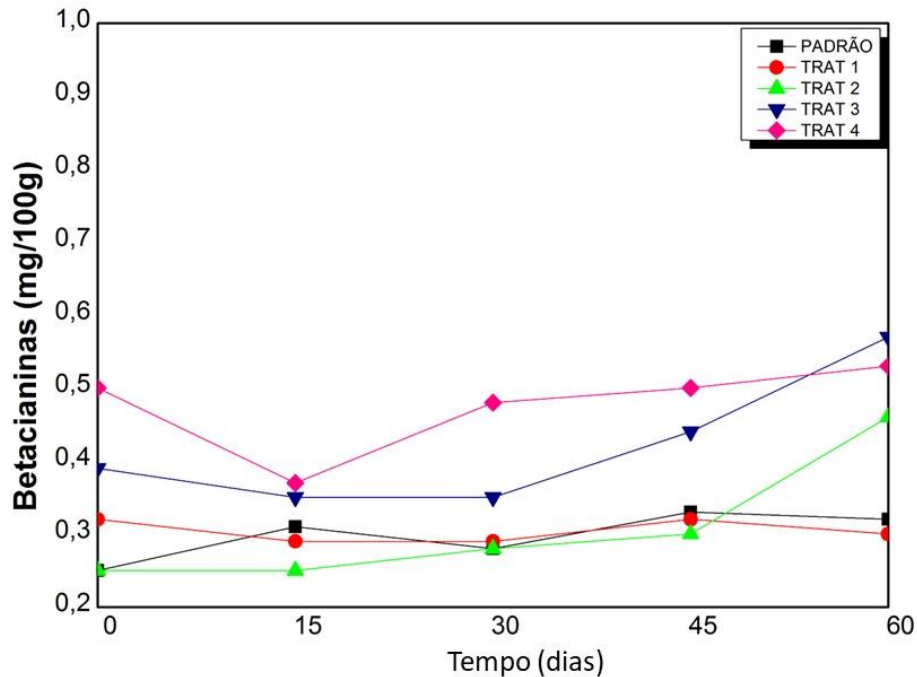


Figura 8. Betacianinas (mg/100g) de acordo com os tratamentos e o tempo de armazenamento das amostras de cerveja. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).

A Figura 9 mostra o comportamento das betaxantinas da cerveja ao longo do período de armazenamento. Como esperado ao analisar esses resultados, observou-se aumento nas concentrações de betaxantinas para os tratamentos 3 e tratamento 4 com 0,37 e 0,39 mg/100g, respectivamente, se comportaram de maneira semelhante até o final do armazenamento, exceto no decimo quinto dia o tratamento 4 teve um decréscimo. Por outro lado, os tratamentos padrão e 1 obtiveram a menor concentração de betaxantinas chegando ao fim do armazenamento com 0,18 mg/100g para ambos.

De forma similar as betaxantinas também mostraram aumento nos tratamentos com maior concentração de beterraba. Embora os valores tenham reduzidos cerca de 0,20 mg/100g quando comparadas com as betacianinas, esses resultados já eram esperados, visto que, as betaxantinas são menos abundantes na beterraba, mas ainda assim contribuíram para o perfil bioquímico das cervejas.

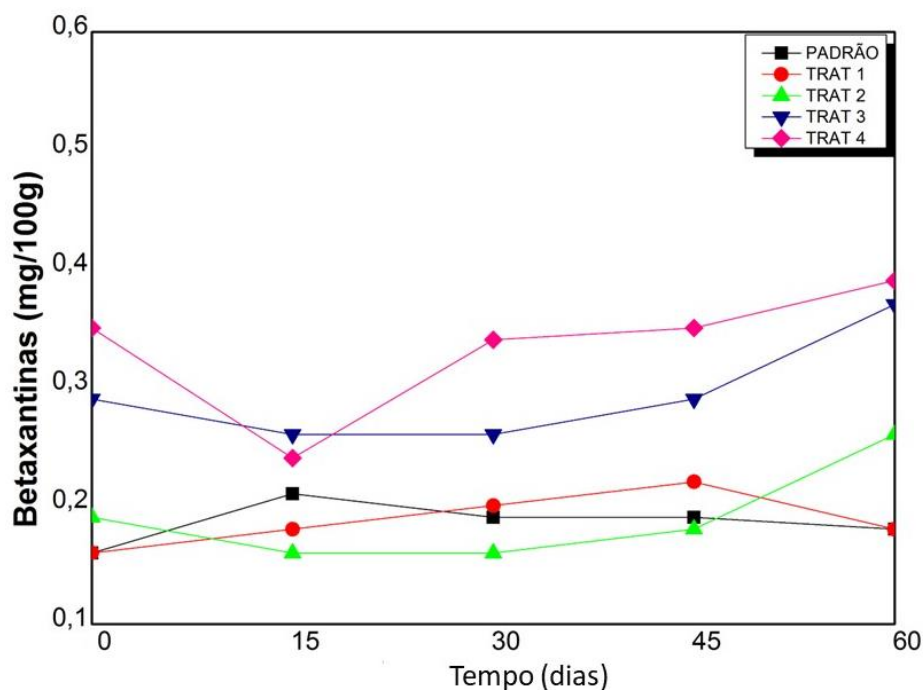


Figura 9. Betaxantinas (mg/100g) de acordo com os tratamentos e o tempo de armazenamento das amostras de cerveja. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).

A Figura 10 demonstra o comportamento das betalaínas da cerveja ao longo do tempo o armazenamento. Observa-se que as betalaínas apresentaram o mesmo comportamento que as betacianinas e betaxantinas, sendo evidente que os tratamentos com maiores concentrações de beterraba obtiveram maiores teores de betalaínas para o tratamento 3 e tratamento 4 com 0,94 mg/100g e 0,91 mg/100g, respectivamente. Ao término do armazenamento, tanto os tratamento 1 quanto o tratamento padrão apresentaram menores valores de betalaínas com 0,47 mg/100g e 0,50 mg/100g, respectivamente.

Conforme observado na Figura 10, os tratamentos com maiores concentrações de beterraba, obtiveram quantidades maiores de betalaínas, assim intensificando a coloração vermelha vibrante na cerveja, isso pode aumentar o potencial antioxidante, ser uma excelente alternativa para aumentar sua qualidade nutricional e agregar valor a cerveja. Além disso, os níveis de pH das cervejas variaram de 3,52 a 3,76, o que contribuiu para uma maior estabilidade das betalaínas em todos os tratamentos. Dado que as betalaínas são altamente suscetíveis à degradação causada pelo oxigênio, luz, altas temperaturas e pH, esta variação de pH contribuiu significativamente para a sua preservação.

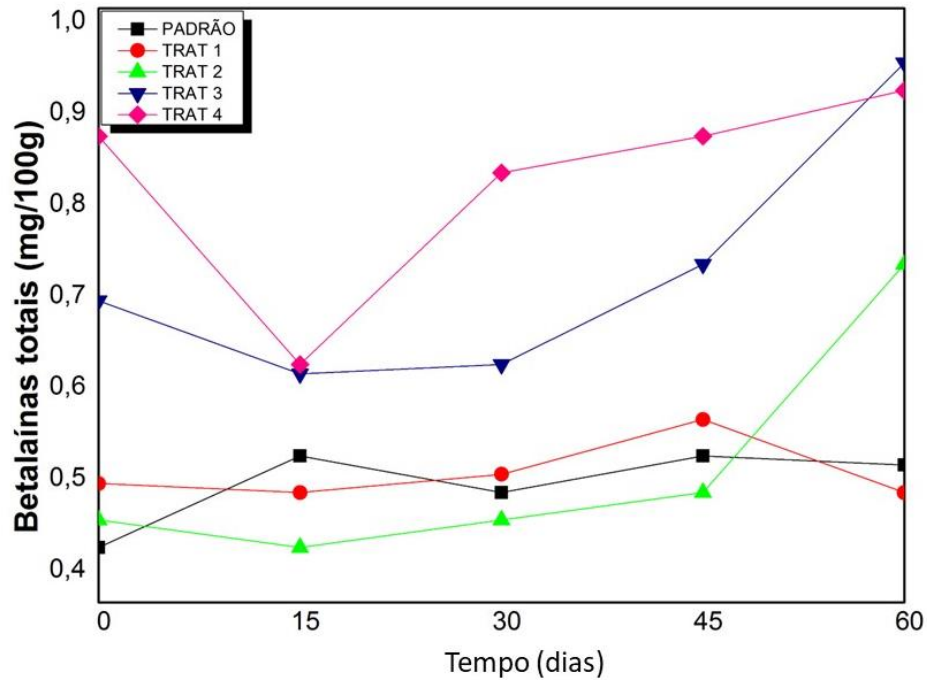


Figura 10. Betalainas (mg/100g) de acordo com os tratamentos e o tempo de armazenamento das amostras de cerveja. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).

5.4 CARACTERIZAÇÃO DA CERVEJA COM ADIÇÃO DE BETERRABA E POLPA DE CAJÁ

Os resultados médios das análises microbiológicas das cervejas produzidas, estão representados na Tabela 6. Todas as amostras dos cinco tratamentos apresentaram ausência quanto a presença de microrganismos patogênicos, exceto o parâmetro de Fungos filamentosos e leveduras. Conforme preconiza a Instrução Normativa Nº 65, de 10 de dezembro de 2019, as cervejas elaboradas devem possuir ausência total de UFC/mL para Fungos filamentosos e leveduras (BRASIL,2019), entretanto os tratamentos apresentaram presença de Fungos Filamentosos e leveduras, não estando em conformidade com a legislação vigente.

Tabela 6- Resultados médios das análises de *Escherichia coli*, Fungos Filamentosos e leveduras, Estafilococos Coagulase positiva, *Salmonella*/25mL e Contagem total de bactérias aeróbios mesófilos da cerveja produzida com beterraba e polpa de cajá.

Parâmetros	Padrão	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4
<i>Escherichia coli</i> /mL	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Estafilococos Coagulase positiva (UFC/mL*)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Fungos filamentosos e leveduras (UFC/mL)	$5,41 \times 10^4$	$3,31 \times 10^4$	$6,60 \times 10^4$	$2,56 \times 10^4$	$4,77 \times 10^4$

<i>Salmonella</i> /25mL	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
CTM** /mL	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

*Unidade Formadora de Colônias por mililitros; ** Contagem total de bactérias aeróbios mesófilos.

De acordo, com a ANVISA (2010), a partir da CP nº 69 de 13 de junho de 2010, determina o limite máximo para fungos e leveduras para cerveja deve ser menor que 100 UFC/mL. Portanto, os valores encontrados neste trabalho para Fungos Filamentosos e Leveduras em relação a todos os tratamentos encontram-se superior aos valores permitidos pela legislação, sabendo-se que o principal agente da fermentação são as leveduras e como o produto é inédito esses valores podem ser ajustados durante o preparo para comercialização.

Segundo Sousa, Favero (2017) as leveduras selvagens têm a capacidade de contaminar a cerveja causando um aspecto turvo, odores e sabores indesejáveis, além de ser capaz de formar uma espécie de película na superfície. A levedura mais frequentemente presente nessas situações é a *Brettanomyces spp.* Porém, apesar da presença de Fungos Filamentosos e leveduras em ambas as amostras nenhuma apresentou turbidez e alterações sensoriais desagradáveis que acaba-se a afetando o produto final.

Yin et al. (2018) afirma que a cerveja é uma bebida com propriedades microbiologicamente estáveis devido a uma série de fatores, incluindo presença de compostos do lúpulo amargo que são tóxicos, concentrações elevadas de etanol, altos teores de dióxido de carbono, baixo pH, baixo nível de oxigênio e baixo teor de nutrientes, inibindo o crescimento da maioria das bactérias, corroborando com o resultado encontrado para os parâmetros analisados no presente estudo.

Apesar da contaminação microbiana na tuberosa, mesmo assim foi adicionada no mosto cervejeiro do processo fermentativo, visando que durante a fermentação as leveduras produzem álcool etílico e dióxido de carbono, conseqüentemente o álcool produzido possui propriedades antimicrobianas que inibiram e eliminaram a maioria dos microrganismos patogênicos, como foi o caso da eliminação da *Escherichia coli* e da *Salmonella*, não apresentando presença na cerveja final. Todavia, durante a fermentação ocorreu a redução do pH, assim criando um ambiente ácido e desfavorável para sobrevivência de microrganismos, ademais as leveduras competem como outros microrganismos por nutriente e espaço, dessa forma dificultando o crescimentos e sobrevivência dos patógenos presentes na beterraba, com exceção Fungos filamentosos e leveduras.

No entanto, o parâmetro de Fungos filamentosos e leveduras apresentou contagem em todos os tratamentos, inclusive o padrão. Observou-se que após o envase a cerveja de trigo apresentou resíduo de fermento depositado no fundo da garrafa, o que bastante característico

desse estilo de cerveja, assim conclui-se que o resíduo de fermento acaba contribuindo para o aumento na contagem de Fungos filamentosos e leveduras.

Vieira et al. (2019) reportaram que os microrganismos como fungos e bactérias mesófilas são frequentemente presentes nas cervejas artesanais por conta da contaminação ocorrida durante o envase e a falta de tratamento térmico como a pasteurização.

Alves et al. (2021) avaliaram cervejas artesanais com adição de framboesa vermelha, foram identificadas contaminações microbiológicas por bactérias patogênicas em todos o parâmetros analisados, resultando em cervejas impróprias para o consumo.

Na Tabela 7 tem-se os valores encontrados da caracterização físico-química para os parâmetros de pH, acidez total, SST, ART e teor alcoólico das cervejas produzidas com beterraba e polpa de cajá.

Tabela 7- Resultados médios da caracterização físico-química das cervejas produzidas com beterraba e polpa de cajá.

Parâmetros	Tratamentos				
	Padrão	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4
pH	3,70 ^{ab} ±0,02*	3,55 ^{cd} ±0,01	3,52 ^d ±0,02	3,76 ^a ±0,03	3,63 ^{bc} ±0,07
Acidez total (%)	0,25 ^c ±0,00	0,29 ^a ±0,00	0,27 ^b ±0,00	0,27 ^b ±0,00	0,27 ^b ±0,00
SST** (°Brix)	4,00 ^a ±0,00	4,00 ^a ±0,00	4,00 ^a ±0,00	4,00 ^a ±0,00	4,00 ^a ±0,00
ART*** (g/L)	6,10 ^a ±0,00	5,60 ^b ±0,00	5,40 ^b ±0,00	5,60 ^b ±0,00	5,30 ^b ±0,00
Teor alcoólico (%)	4,10 ^a ±0,00	3,80 ^b ±0,00	3,80 ^b ±0,00	3,60 ^b ±0,00	3,60 ^b ±0,00

*Média ± desvio padrão. **SST: sólidos solúveis totais; ART***: açúcares redutores totais.

Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre ao nível de 5% de confiança ($P \leq 0,05$), pelo teste de Tukey.

O tratamento 3 (3,76) apresentou maior pH com relação as cervejas produzidas neste estudo, seguido do tratamento 4 (3,63), diferindo estatisticamente. Nota-se que a polpa de cajá e a beterraba influenciaram nesse parâmetro com variação em relação a concentração de polpa e beterraba utilizada, visto que os tratamentos 3 (3,76) e 4 (3,63) com 4% de beterraba e os tratamentos 1 (3,55) e 2 (3,52) com 1% obtiveram resultados semelhantes de pH, entretanto os tratamento 2 e 4 com 15% de polpa apresentaram pH inferior, havendo diferenças significativas, indicando que a maior concentração de beterraba, resultou em valores de pH mais elevados.

Rinaldi (2021), elaborou cervejas de trigo com diferentes concentrações de physalis liofilizada. Os resultados demonstraram que ao aumentar a quantidade de physalis, influenciou na diminuição dos valores de pH entre 3,81 e 3,93, semelhantes ao do presente estudo. No estudo de Sales e Souza (2021) encontraram valor inferior em cerveja do estilo Catharina Sour

produzida a partir do araçá-boi com 3,25. Ipiranga, Souza e Júnior (2022) ao analisarem a cerveja artesanal estilo Fruit Wheat Beer adicionada com cupuaçu e pitaia-rosa encontraram valores superiores, onde obteve o valor de pH de 4,06.

Segundo Almeida e Belo (2017) a cerveja é um produto ácido, cujos valores aceitáveis de pH entre elas variam entre 4-5. De acordo com Sabino (2020), quando o pH abaixo de 4, a bebida pode ter um sabor mais ácido, amargo e seco, podendo deixar gosto residual metálico no paladar. Em geral, as cervejas puro malte apresentam maiores valores de pH quando comparadas as cervejas produzidas com adjunto (NETO et al., 2022).

Deste modo, os tratamentos nesse estudo apresentaram pH inferiores 4,5, valor limite para evitar contaminações, pois o pH reduzido mantém a cerveja isenta de microrganismos patogênicos, e evita posteriores contaminações, contribuindo para uma boa qualidade microbiológica do produto. Além disso, os valores de pH obtidos para as cervejas foram inferiores aos valores previstos na literatura, conseguimos observar que a junção da polpa e da beterraba apresentaram influência nesse parâmetro, sendo que na caracterização a polpa de cajá apresentou pH de 3,09.

O valor de acidez total da amostra padrão foi de 0,25%, tratamento 1 (0,29%), tratamento 2, 3 e 4 com 0,27%, tendo o tratamento 1 como a maior quantidade de ácidos inseridos em relação às outras, observando assim uma diferença significativa exceto para os tratamentos 2, 3 e 4. Pode-se observar que os ácidos do interior da polpa e tubérculo migraram para o mosto durante a fermentação alcoólica, como também apresentou influência direta na carbonatação da mesma, visto que o ácido carbônico obtido através da reação entre a água e o CO₂, é responsável pela acidez da bebida, assim elevando os valores de acidez total. Esta diferença pode ser justificada pela adição da polpa e da beterraba, pois as mesmas contribuíram para o aumento dos ácidos orgânicos da bebida.

Alves et al. (2020) obtiveram acidez variando 0,18 a 0,22% para cerveja adicionando flocos de arroz e polpa de graviola. Costa (2018) reportou em seu estudo acidez de 0,14% ao analisar cerveja de trigo. Santos et al. (2021), estudando cervejas fruit beer com adição de jabuticaba in natura obteve acidez entre 0,22% e 0,34%.

Os resultados encontrados para este parâmetro estão de acordo com Vilela et al. (2022), que afirmar que acidez ideal da cerveja deve apresentar valores entre 0,1 e 0,3%, portanto esses valores estão de acordo com o autor, as diferenças entre as amostras podem ser explicadas pela presença determinados ácidos contidos no mosto em concentrações diferentes, estes podem variar dependendo do tipo de matéria-prima utilizada.

Observa-se na Tabela 7 que o teor de SST dos tratamentos, apresentaram igualdade significativa a $p \leq 0,05$. Todos os tratamentos apresentaram concentração 4,00 °Brix, tendo em

vista que a polpa de cajá e a beterraba apresentou uma grande quantidade de SST na caracterização, mesmo sendo adicionadas concentrações diferentes de beterraba e polpa, não apresentaram variação, entretanto os açúcares presentes de ambos foram consumidos durante a fermentação, alterando os valores do teor alcoólico da cerveja.

Pereira et al. (2020) encontraram sólidos solúveis totais variando 5,00 e 5,10 °Brix em cervejas com adição pedúnculo de caju e casca de laranja. Oliveira, Sousa e Cunha (2021) ao analisarem cerveja tipo Blonde Ale produzida com diferentes polpas de frutas, encontraram 6,08 °Brix (controle e cajá-manga), 5,92 °Brix (cupuaçu), 5,83 °Brix (graviola) e 5,42 °Brix (tamarindo), entretanto a cerveja com adição de cajá-manga não obteve diferença entre a amostra controle, dessa forma apresentando o mesmo comportamento do presente estudo. De acordo com a discussão dos mesmos autores, os sólidos solúveis totais em cervejas artesanais frutadas representam açúcares fermentáveis que contribuem para o processo de fermentação e podem interferir no pH e na cor. Esses resultados são superiores aos encontrados nesse estudo por se tratar de estilos de cervejas diferentes.

Pode-se observar na Tabela 7 que as médias obtidas para o parâmetro açúcares redutores totais mostram que houve diferença significativa dos tratamentos quando comparados ao tratamento padrão, com maior concentração de 6,10 g/L enquanto os tratamentos 1, 2, 3 e 4 com valores próximos 5,60, 5,40, 5,60 e 5,30 g/L respectivamente, não diferindo entre si.

Desse modo a inserção da polpa de cajá e da beterraba no processo de fermentação pode ter influenciado esse parâmetro, sendo que na maturação a levedura já não possui alta atividade de suas sínteses metabólicas, desse modo os componentes fermentescíveis que poderiam ser usadas pela mesma presente na polpa de cajá e da beterraba podem não ter sido assimilada pelas mesmas. Deste modo obtendo-se, mesmo que em baixa concentração para todas as cervejas, um pequeno crescimento de uma amostra para a outra, entretanto os tratamentos com 10% polpa de cajá apresentaram concentrações similares mesmo com a diferença a porcentagem de beterraba.

Observa-se que no produto final as concentrações de açúcares redutores totais presente em todos os tratamentos com adição de polpa e beterraba são próximas e não ultrapassam a cerveja padrão. Desse modo, cervejas com maior concentração de açúcares redutores totais possuem maior teor alcoólico.

Carvalho et al. (2020) encontraram conteúdo de açúcares redutores totais 5,12 g/L para cerveja de trigo e 8,23g/L para cerveja de algaroba, resultados semelhantes da cerveja de trigo aos encontrados do presente estudo. Alves et al. (2020) encontraram valores bem inferiores para cerveja pilsen produzida a partir de mandioca submetida a diferentes adubações de solo variando de 0,93 a 1,55 g/L.

A adição da beterraba e da polpa de cajá, reduziu o teor de álcool da cerveja, sendo possível observar na Tabela 7 os teores alcoólicos dos tratamentos obtiveram diferença significativa a $p < 0,05$, a amostra padrão foi aquela com a maior concentração de 4,10%, exceto as amostras dos tratamentos 1, 2, 3 e 4 tiveram concentrações de 3,80, 3,80, 3,60 e 3,60%, respectivamente que não se diferenciaram entre si. Esta variação pode ser atribuída à adição da beterraba e da polpa de cajá ainda durante a fermentação, o que contribuiu na fermentação devido aos açúcares fermentáveis presentes na beterraba e na polpa de cajá.

No entanto, a principal razão para isso foi provavelmente a composição da polpa e da beterraba com sólidos solúveis totais de 8,00 e 10,00°Brix respectivamente, que consiste em menos açúcares não fermentáveis do que o mosto de cerveja típico, portanto, apesar de diluir a cerveja, também diminuiu o teor de carboidratos que não poderiam ser aproveitados pela levedura.

Segundo Instrução normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019 (BRASIL, 2019), as cervejas podem ser classificadas quanto ao seu teor alcoólico em: sem álcool (<0,5%), baixo teor alcoólico (2,0% a 4,5%) e alto teor alcoólico (4,5% a 7%). Deste modo, os tratamentos apresentaram valores inferiores a 4,5% enquadrando-se assim como cervejas de baixo teor alcoólico.

Moreira (2022) ao analisar o teor alcoólico da cerveja artesanal reportou valor de 4,3% sem adição de fruta, 3,3% a 3,6% com adição de umbu desidratado. Sousa et al. (2019) encontraram valores de teor alcoólico de 4,3% para controle e com diferentes concentrações de fruta-pão entre 2,5 e 4,2%. Sendo possível observar que os valores encontrados foram próximos a este estudo, no entanto, é notório que quanto mais adjunto é adicionado, a cerveja tende a ter um menor teor alcoólico. Um teor alcoólico menor é típico das cervejas de frutas, como foi comprovado em diversas publicações sobre esse tipo de bebida alcoólica.

Gasiński et al. (2020) ao analisarem cervejas com adição de manga, obtiveram para amostra controle com 4,16 % e para cervejas com adição de manga variando 4,13 a 4,63 %, valores superiores ao encontrado no referente estudo. Belcar e Gorzelany (2022) estudando cervejas de trigo enriquecidas com capim-limão encontraram 4,73% para cerveja controle e com adição de capim-limão de 3,28 a 4,0%, os autores observaram que o aumento da adição de capim-limão às cervejas de trigo resultou em uma diminuição significativa no grau de atenuação real, que foi simultaneamente correlacionado com o teor de etanol do produto final.

Os resultados médios dos compostos bioativos das cervejas produzidas adicionadas de beterraba e polpa de cajá, estão dispostos na Tabela 8.

Tabela 8- Resultados médios dos compostos bioativos das cervejas produzidas com beterraba e polpa de cajá.

Parâmetros	Tratamentos				
	Padrão	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4
CFT** (mg/100g)	32,59 ^a ±0,00*	23,90 ^d ±0,00	26,65 ^b ±0,00	25,45 ^c ±0,00	23,90 ^d ±0,00
Taninos totais (mg/100g)	56,88 ^a ±0,00	41,31 ^d ±0,00	45,75 ^b ±0,00	43,82 ^c ±0,00	41,31 ^d ±0,00
Carotenoides (µg/100g)	22,99 ^e ±0,00	56,96 ^d ±0,00	61,01 ^c ±0,00	92,81 ^b ±0,00	106,72 ^a ±0,00
Betacianinas (mg/100g)	0,25 ^c ±0,00	0,21 ^d ±0,00	0,21 ^d ±0,00	0,43 ^b ±0,00	0,47 ^a ±0,00
Betaxantinas (mg/100g)	0,25 ^b ±0,00	0,22 ^b ±0,00	0,22 ^b ±0,00	0,38 ^a ±0,00	0,37 ^a ±0,00
Betalainas (mg/100g)	0,50 ^c ±0,00	0,43 ^d ±0,00	0,43 ^d ±0,00	0,81 ^b ±0,00	0,84 ^a ±0,00

*Média ± desvio padrão. ** Compostos Fenólicos Totais.

Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre o nível de 5% de confiança ($P \leq 0,05$), pelo teste de Tukey.

Os valores médios de compostos fenólicos totais encontrados na cerveja apresentaram diferença significativa a $p < 0,05$. A amostra padrão obteve maior média de 32,59 mg/100g diferindo assim dos tratamentos, seguido do tratamento 2 que utilizou 1% de beterraba e 15% de polpa com média de 26,65 mg/100g, tratamento 3 com 4% de beterraba e 10% de polpa com média de 25,45 mg/100g, enquanto o tratamento 1 e 4 obtiveram a menor média 23,90 mg/100g não diferindo entre eles. Nesse estudo a adição da beterraba e da polpa de cajá com 220,02 e 148,49 mg/100g, respectivamente, não aumentou o teor CFT da cerveja, visto que as matérias primas utilizadas são ricas em compostos fenólicos. Essa diferença pode ser atribuída ao fato de os compostos fenólicos da beterraba e da polpa não terem migrado para a cerveja, assim não apresentando um valor mais elevado.

Sterczyńska et al. (2021) relatam que o uso de adjuntos com grande quantidade de compostos fenólicos pode apoiar as atividades metabólicas da levedura e garantir a formação de componentes que impactam no sabor e aroma da cerveja e na sua qualidade final. Silva, Dias e Koblitz (2021) em seus estudos corroboraram que dependendo do estilo da cerveja, as cervejas de coloração clara, produzidas com maltes menos torrados apresentam compostos fenólicos menores.

Medeiros et al. (2020) reportaram semelhança no comportamento com relação a concentração de compostos fenólicos totais ao analisarem cerveja artesanal Ale de flor de hibiscos enriquecida com frutos de mirtilo, apresentando valores inferiores para amostras com adição de mirtilo, a testemunha (53,597 mg/100mL) e para cervejas com adição de mirtilo 80g (49,722 mg/100mL) e mirtilo 160g (51,864 mg/100mL).

No estudo de Humia et al. (2020) ao introduzirem batata doce Beauregard em cerveja pilsen foram encontrados resultados superiores, identificaram um aumento no conteúdo fenólico total das amostras controle com 210,92 mg GAE/L e para as amostras de cerveja com adição de batata doce de 218,38 a 230,50 mg GAE/L, sugerindo o efeito direto da batata-doce Beauregard e do processo de fermentação no perfil fenólico. Santa et al. (2020) ao analisarem cerveja pilsen com adição de alcachofra obtiveram resultados inferiores de compostos fenólicos totais a amostra controle com 2,48 mg GAE/g e as cervejas produzidas com adição de diferentes concentrações de alcachofra variando de 3,42-3,48 mg GAE/g.

Os resultados encontrados na literatura podem ter se diferido dos encontrados neste trabalho por serem cervejas adicionadas de frutos e podem ter incorporado mais compostos fenólicos do que a cerveja com beterraba e polpa de cajá, como também o tipo de cerveja e as matérias primas utilizadas na fabricação. Além disso, a degradação dos compostos fenólicos podem ter ocorrido durante a fermentação, maturação, engarrafamento e armazenamento da cerveja.

Os teores de taninos totais encontrados das amostras de cerveja na Tabela 8 mostram que a maior concentração na amostra padrão com 56,88 mg/100g, seguido dos tratamentos 2, 3 com médias de 45,75 e 43,82 mg/100g respectivamente, no entanto o tratamento 1 e 4 com menor média de 41,31 mg/100g. Portanto, os taninos presentes na cerveja resultam em sabores adstringentes e amargos que provocam a sensação de uma bebida mais seca, que é sentida como sensação de secura na boca e na língua, dessa forma a amostra padrão pode apresentar o amargor mais acentuado que os demais tratamentos.

Segundo Mora et al. (2022) existe um verdadeiro desafio em aumentar o teor de taninos dos alimentos e bebidas devido à suas características organolépticas, o que pode levar a alimentos não agradáveis. Sendo necessário compreender melhor os efeitos da matriz alimentar na percepção da adstringência e do amargor e descobrir novas formas de modular as contribuições dos taninos para a percepção do sabor, cor e o aroma mantendo ou mesmo aumentando estes compostos. Entretanto os taninos ajudam a melhorar a estabilidade da cor e evitar a oxidação.

Francesco et al. (2020) adicionaram vários extratos ricos em taninos à cerveja, confirmaram que essa adição proporcionou melhora na turbidez, formação de cor, qualidade da espuma, notas cítricas e picantes e aumento no corpo da cerveja.

No que se refere aos carotenoides é possível observar um teor de carotenoides na Tabela 8, sendo que todas as amostras diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) entre si quando comparados ao tratamento 4, com maior concentração de 106,72 $\mu\text{g}/100\text{g}$. Os tratamentos com 4% de beterraba obtiveram médias superiores, sendo o tratamento 3 com média de 92,81 $\mu\text{g}/100\text{g}$, quando comparado aos demais tratamentos, seguido dos tratamentos com 1% de beterraba tratamento 2 e 1, obtendo valores de 61,01 e 56,96 $\mu\text{g}/100\text{g}$.

Quando analisamos os carotenoides nota-se que a maior influência está relacionada com a beterraba com 725,14 $\mu\text{g}/100\text{g}$ e a polpa de cajá com 287,64 $\mu\text{g}/100\text{g}$ utilizadas, visto que ambos são ricos em carotenoides que foram absorvidos pela cerveja durante o processo de fermentação e maturação, colaborando para conservação da bebida final, além das características sensoriais dela, como o sabor, cor e o aroma. Destacando que os tratamentos com maiores concentrações de beterraba e polpa de cajá contém maior concentração de carotenoides, em conformidade com os resultados obtidos.

De acordo com Nardini e Garauso (2020) a adição de frutas no processo de fabricação da cerveja tem o potencial de promover aromas e sabores frutados diferenciados, devido à ampla diversidade de compostos voláteis, além de enriquecer a cerveja com compostos bioativos, destacando-se o aumento na quantidade de carotenoides e polifenóis.

Os valores encontrados para betacianinas na Tabela 8 mostram que houve diferença significativa para todos os tratamentos quando comparados ao tratamento 4, com maior concentração 0,47 $\text{mg}/100\text{g}$, seguido do tratamento 3 com 0,43 $\text{mg}/100\text{g}$. Esse mesmo comportamento pode ser observado na concentração de betaxantinas, sendo que a amostras com adição de 4% de beterraba obteve maior concentração o tratamento 3 e 4 com 0,38 e 0,37 $\text{mg}/100\text{g}$, respectivamente. Podemos dizer que a amostra padrão (0,25 $\text{mg}/100\text{g}$), tratamento 1 (0,22 $\text{mg}/100\text{g}$) e 2 (0,22 $\text{mg}/100\text{g}$), não diferiram entre si.

As betalainas presentes na cerveja foram adquiridas principalmente da beterraba durante o processo fermentativo, pode-se observar que os maiores teores foram encontrados no tratamento 4 (0,84 $\text{mg}/100\text{g}$) com 4% de beterraba e 15% de polpa e no tratamento 3 (0,81 $\text{mg}/100\text{g}$) com 4% de beterraba e 10% de polpa, os resultados mostram que há diferença significativa ($p > 0,05$).

Esse fato indica que a adição de 4% de beterraba e 10 e 15% polpa de cajá acarretou alteração da concentração de betacianinas, betaxantinas e betalainas, os resultados mostram que ao logo do processo fermentação, ocorreu o enriquecimento e potencialização desses composto

sendo transferidos para cerveja, além de proporcionar uma cor diferenciada da cerveja resultante das betalainas existentes. Observa-se que foram encontrados baixos teores de betacianinas, betaxantinas e betalainas na beterraba e apenas traços na polpa de cajá, visto que os valores reportados da Tabela 8 para este parâmetro, foram esperados.

Segundo Fu et al. (2020) as betalainas são formadas por betacianinas e betaxantinas, existem vários fatores que podem influenciar sua estabilidade, incluindo conteúdo de pigmentos, estrutura química, matriz alimentar, aditivos alimentares, enzimas, pH, tratamento térmico, atividade de água, oxigênio, luz e temperaturas durante o armazenamento a longo prazo, por isso as técnicas de processamento tem por finalidade evitar ou retardar a degradação das betalainas.

Entretanto o enriquecimento da cerveja com a beterraba e a polpa de cajá, potencializou a fermentação alcoólica, aumentando as concentrações de compostos bioativos exceto os compostos fenólicos totais e o taninos totais, em comparação com a cerveja padrão. Vale ressaltar que aumento de compostos pode trazer novas experiências sensoriais e os atributos funcionais, além de contribuir para a melhoria das características nutricionais da cerveja. Contudo não foram encontrados estudos comparativos e comprobatórios na literatura científica para todos os parâmetros bioativos estudados na cerveja.

Na Tabela 9 estão dispostos os resultados médios dos parâmetros de cor das cervejas produzidas. O parâmetro de cor +a* é referente à tonalidade vermelha dos alimentos, foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para o tratamento 3 com 4% de beterraba e 10% de polpa de cajá teve maior média 5,50, quando comparados aos demais tratamentos, o tratamento padrão teve menor média 2,10.

Tabela 9- Resultados médios da análise de cor das cervejas produzidas com beterraba e polpa de cajá.

Parâmetros	Tratamentos				
	Padrão	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4
a*	2,10 ^d ±0,00**	2,50 ^c ±0,06	2,30 ^d ±0,02	5,50 ^a ±0,10	4,20 ^b ±0,12
b*	18,60 ^b ±0,85	17,40 ^c ±0,72	18,20 ^{bc} ±0,67	19,60 ^a ±0,30	14,40 ^d ±0,40
L*	35,60 ^{ab} ±0,58	34,60 ^b ±0,53	36,70 ^a ±0,75	36,10 ^{ab} ±0,70	30,80 ^c ±0,99

**Média ± desvio padrão.

Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre o nível de 5% de confiança ($P \leq 0,05$), pelo teste de Tukey.

Entretanto pode ser observado que a beterraba e a polpa de cajá interferiram de forma positiva na cerveja, sendo possível observar a diferença na cor da cerveja final, visto que o tratamentos 3 e 4 apresentaram colorações mais intensas quando comparados com os

tratamentos 1, 2 e padrão com menor intensidade na coloração. Essa diferença significativa está relacionada a concentração de betalainas presentes na beterraba, visto que os valores encontrados nas cervejas foram maiores para os tratamentos com 4% beterraba na concentração, tendendo para tons avermelhados. Portanto esses resultados eram previstos para o parâmetro cromaticidade a^* , pois alinham-se com as afirmações acima mencionadas, validando ainda mais os valores apresentados na Tabela 9.

Os valores de a^* são bem baixos em relação os valores do b^* , podendo assim dizer que a coloração indicou amarelo bem acentuado decorrente das betaxantinas. Os resultados para o parâmetro b^* foram positivos, indicando uma coloração amarelada em todas as amostras. É possível observar uma redução na tonalidade amarela dos tratamentos, em comparação ao tratamento 3 com 4% de beterraba e 10% de polpa de cajá que apresentou maior teor de betaxantinas, assim teve maior média 19,60 quando comparado aos demais em relação ao comparado ao tratamento padrão, o tratamento 4% de beterraba e 15% de polpa de cajá com menor média 14,40, sendo possível verificar diferença significativa ($p < 0,05$).

Referente a cromaticidade b^* do tratamento 3, foi influenciada pela presença de compostos bioativos da beterraba e da polpa de cajá, em destaque o teor de carotenoides, compostos com coloração laranja, amarela e vermelha, resultando em maior intensidade de pigmentação amarela referente a concentração de carotenoides na caracterização da cerveja com 92,81 $\mu\text{g}/100\text{g}$, ocasionando assim maior média na cromaticidade b^* . Nota-se que o tratamento 4 apresentou menor intensidade de amarelo, podendo ter sido ocasionado pela oxidação dos carotenoides durante a estocagem, resultando em perda gradual da cor.

De acordo com os dados da Tabela 9, com relação ao parâmetro L^* houve diferença significativa ($p < 0,05$), quando comparados ao tratamento 2 com média de 36,70, seguido do tratamento 3 média 36,10, sendo que o tratamento 4 com menor média 30,80. Como previsto, todos os valores de luminosidade (L^*) dos tratamentos ficaram abaixo de cinquenta ($L^* < 50$), indicando que podem ser classificadas como escuras (COHEN; JACKIX, 2005). Porém, por se tratar de uma cerveja artesanal que não passou pelo processo de filtração, pode ter ocasionado erros na leitura em relação à suspensão de células contidas nele, resultando em uma luminosidade mais baixa, uma vez que valores maiores representam maior transparência.

Braz, Kameyama e Dutra (2022), ao analisarem uma cerveja artesanal tipo ale com adição de fibra polidextrose, encontraram para cromaticidade a^* valores variando de 5,07 a 5,19 e para b^* valores de 27,50 a 28,79, próximos ao do presente estudo, exceto o parâmetro L^* com valores 51,22 a 52,86 superiores ao estudo. Observaram que à medida que aumentaram a quantidade de fibra a sua coloração foi influenciada diretamente, pois as amostras com maior conteúdo de fibra apresentaram uma menor luminosidade e uma cor mais amarelada.

5.5 SECAGEM

A Figura 11 representa as curvas das cinética de secagem do resíduo cervejeiro em diferentes temperaturas. Pode-se observar a perda de umidade em função do tempo de secagem para todas as temperaturas. No período inicial da secagem, a temperatura do ar de equilíbrio é geralmente maior que a temperatura do produto. Portanto, a taxa da desidratação aumenta com o aumento da temperatura do produto até que a temperatura da superfície atinja o equilíbrio.

Pode-se observar que ao final do processo, a taxa de secagem tende a zero à medida que a umidade se aproxima do teor de umidade de equilíbrio e a temperatura do resíduo cervejeiro se estabiliza, ou seja, o resíduo se aproxima do seu equilíbrio térmico. Observa-se que a taxa de secagem atinge valores mais altos quando são utilizadas temperaturas de secagem mais elevadas.

Ceccato (2019), ao analisar o comportamento do bagaço de malte observou que quanto maior a temperatura, mais rapidamente a água se difunde do interior do grão em direção ao ambiente externo, devido à evaporação mais rápida da água contida na superfície externa dos grãos. Com isso, há uma maior queda na taxa de umidade do grão conforme aumento de temperatura.

A maior taxa de remoção de água do produto resultante de um maior gradiente de umidade entre o produto e o ar causado pelo aumento da temperatura do ar. Nesse processo, a cinética de secagem está diretamente relacionada à temperatura. O aumento da temperatura resulta no aumento da transferência de umidade (SANTOS et al., 2017).

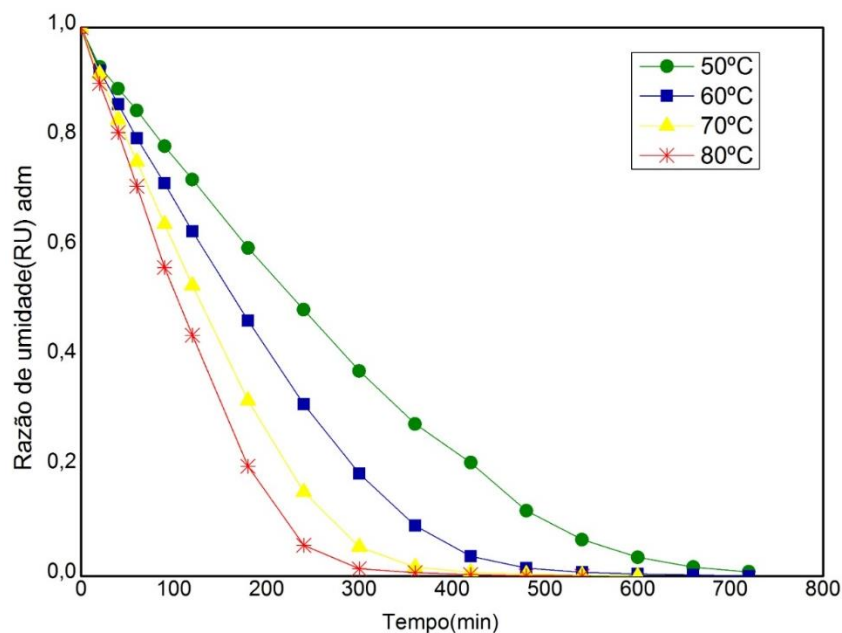


Figura 11. Curvas das cinéticas de secagem dos resíduos nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).

Na cinética de secagem deste trabalho foram adotados sete modelos matemáticos selecionados como critério de ajuste do modelo aos dados experimentais, para descrever e prever o comportamento de secagem do resíduo cervejeiro sob diferentes condições de secagem. Os parâmetros dos modelos matemáticos das cinéticas de secagem do resíduo cervejeiro trigo e pilsen nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C estão apresentados na Tabela 10.

Observam-se que entre os modelos testados os que proporcionaram os melhores ajustes foram os modelos de Page, Aproximação da difusão e Wang e Singh. Na qual o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados da cinética de secagem, de acordo com o ajuste os maiores coeficientes de determinação ($R^2 \geq 0,9908$) e os menores desvios quadráticos médios ($DQM \leq 0,0297$) e qui-quadrado ($\chi^2 \leq 0,00095$).

Um estudo feito por Tizziani (2021) também utilizou a temperatura de 50°C e 80°C para a secagem do bagaço de malte e obtiveram valores de 0,999 e 0,994 para o coeficiente de determinação, R^2 , utilizando o modelo de Page. Já Teles et al. (2023), ajustaram os dados experimentais a quatro modelos semi-empíricos para a cinética de secagem de resíduo do malte em três temperaturas e a massa do produto com 100g e 300g, obtiveram um ajuste significativo para 70°C para o modelo de Page, apresentando R^2 igual a 0,8846 e 0,9449 valores superiores foram encontrados neste estudo.

Batista et al. (2018), ao estudarem 2 modelos matemáticos da cinética de secagem em diferentes temperaturas com variações de massa. Conseguiram resultados semelhantes, onde modelo matemático de Page teve o melhor ajuste, com R^2 (0,999) em todas as condições testadas.

Sousa et al. (2021), investigando o comportamento da secagem dos resíduos de jaca por meio da cinética de secagem nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, também observaram que os modelos de Wang e Singh e Page apresentaram os melhores valores ajustados, $R^2 \geq (0,9977-0,9942)$, $DQM \leq (0,0081- 0,0362)$ e $\chi^2 \leq (0,0001- 0,0013)$.

Tabela 10- Parâmetros dos modelos matemáticos com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da secagem em estufa do resíduo do malte, trigo e pilsen.

Modelo	T (°C)	Parâmetros					R^2	DQM	χ^2
		a	b	c	k	n			
Newton	50	-	-	-	0,0048	-	0,9470	0,0716	0,00533
	60	-	-	-	0,0064	-	0,9301	0,0770	0,00616
	70	-	-	-	0,0078	-	0,9265	0,0745	0,00578
	80	-	-	-	0,0090	-	0,9318	0,0690	0,00495

Page	50	-	-	-	0,0002	1,4654	0,9908	0,0298	0,00096
	60	-	-	-	0,0003	1,5449	0,9851	0,0356	0,00137
	70	-	-	-	0,0003	1,6413	0,9785	0,0403	0,00176
	80	-	-	-	0,0004	1,6750	0,9873	0,0297	0,00095
Henderson e Pabis	50	1,1040	-	-	0,0053	-	0,9592	0,0629	0,00429
	60	1,1120	-	-	0,0071	-	0,9436	0,0691	0,00518
	70	1,1140	-	-	0,0086	-	0,9404	0,0671	0,00488
	80	1,1076	-	-	0,0100	-	0,9442	0,0624	0,00423
Aproximação da difusão	50	-319,93	0,9967	-	0,0105	-	0,9898	0,0314	0,00112
	60	-296,87	0,9963	-	0,0140	-	0,9801	0,0410	0,00190
	70	-184,18	0,9941	-	0,0171	-	0,9941	0,0406	0,00186
	80	-421,98	0,9974	-	0,0194	-	0,9795	0,0377	0,00161
Logarítmico	50	1,2003	-	-0,123	0,0041	-	0,9720	0,0521	0,00307
	60	1,2346	-	-0,151	0,0053	-	0,9611	0,0574	0,00373
	70	1,2728	-	-0,194	0,0060	-	0,9631	0,0528	0,00315
	80	1,2674	-	-0,197	0,0068	-	0,9675	0,0476	0,00257
Wang e Singh	50	-0,0035	0,0000	-	-	-	0,9821	0,0416	0,00188
	60	-0,0047	0,0000	-	-	-	0,9752	0,0458	0,00227
	70	-0,0067	0,0000	-	-	-	0,9758	0,0427	0,00198
	80	-0,0065	0,0000	-	-	-	0,9793	0,0380	0,00156
Midilli	50	0,5775	-0,0009	-	-0,0000	0,0000	0,6597	0,1818	0,02909
	60	1,0074	-0,0000	-	0,0004	1,5079	0,9850	0,0322	0,00146
	70	1,3019	-0,0023	-	0,5588	0,0000	0,8010	0,1227	0,01781
	80	0,9903	-0,0001	-	0,0005	1,5692	0,9867	0,0293	0,00101

Verifica-se que a temperatura do ar aplicada durante a secagem tem forte influência na constante k , que representa a taxa de secagem ajustado ao modelo de Page. Este parâmetro aumenta com o aumento da temperatura, o que também mostra a redução no tempo necessário para a realização do processo de secagem. Comportamento semelhante também foi observado por Silva et al. (2020) ao estudarem o processo de secagem em nozes sem casca.

Conforme Gomes et al. (2017) foram constatados que o aumento de temperatura no processo de secagem pode provocar uma diminuição na viscosidade da água, o que indica que a água em seu interior pode migrar mais facilmente em comparação com temperaturas de secagem mais baixas, o que foi demonstrado pelo aumento nos valores do coeficiente k .

Segundo Lisboa et al. (2019) este é um resultado esperado, uma vez que a constante de secagem representa o efeito das condições de secagem externas, e funciona como uma aproximação qualitativa do efeito da temperatura e tende a ter este perfil, já o coeficiente n dos modelos ajustados também apresentaram tendência linear similar ao observado para constante de secagem k e diz respeito à resistência interna do produto durante o processo de secagem. No

presente estudo foi observado comportamento semelhante, com relação direta do coeficiente n com o aumento da temperatura.

De acordo com Andrade et al. (2021) ao realizar a cinética de secagem nas fatias do mesocarpo do maracujá nas temperaturas de 50, 60 e 70°C observaram que a constante de secagem k para o modelo de Page, aumentou de acordo com o aumento da temperatura do ar de secagem, dessa forma, constataram à medida que a temperatura aumenta, a transferência de massa foi favorecida, reduzindo a umidade de equilíbrio dinâmico e o tempo de secagem. No presente estudo foram observados resultados semelhantes na relação direta entre este parâmetro e o aumento da temperatura, indicando correlação entre o aumento da temperatura e a alteração na viscosidade da água presente no produto.

Na Figura 12 é apresentada a cinética de secagem do resíduo do malte, trigo e pilsen na temperaturas 50, 60, 70 e 80°C, expressas pela razão do teor de água em função do tempo em minutos, com ajustes do modelo de Page. Como esperado, o teor de água diminuiu gradativamente até o final da secagem e o aumento da temperatura faz com que a umidade diminua ainda mais rapidamente. O tempo necessário para a amostra seca a 50°C chegar à umidade final é cerca de duas vezes maior do que a amostra seca a 80°C.

Os resultados dos ensaios em estufa de circulação de ar demonstram que o aumento da temperatura implica em menor tempo de secagem, ou seja, a umidade de equilíbrio é atingida em menor tempo. Para 50, 60, 70 e 80°C, os tempos de secagem foram, respectivamente, 720, 600, 420 (em média) e 360 min na Figura 12. Esse fenômeno foi observado em estudos semelhantes por Garbin (2022), ao investigar a secagem do bagaço do malte em estufa sem recirculação e por Moraes (2022) em secagem do bagaço de malte por meio da secagem convectiva, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C e por meio de secagem por micro-ondas, nas potências de 160, 480 e 640 W.

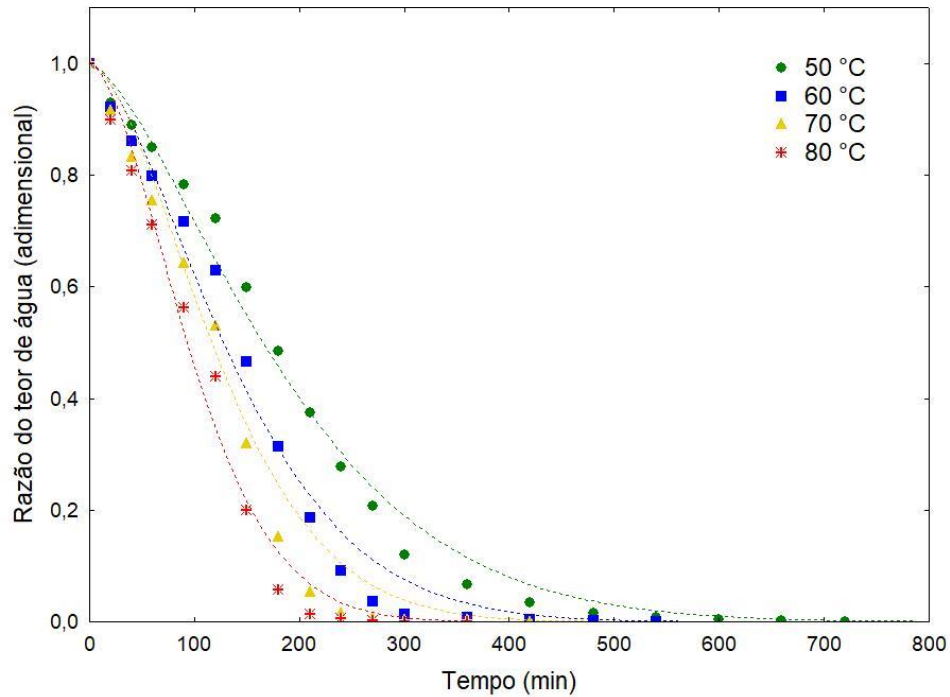


Figura 12. Curvas das cinéticas de secagem dos resíduos do malte, trigo e pilsen nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, ajustadas pelo modelo de Page. (Fonte: elaborada pela autora, 2024).

Nota-se maiores inclinações das curvas nos instantes iniciais do processo de secagem, o que indicam maiores gradientes de temperatura entre o ar de secagem e o produto, porém, observa-se que a perda máxima de umidade é verificada nos instantes iniciais do processo, que tende a decrescer até que o produto apresente umidade de equilíbrio. Moreira et al. (2018) afirmaram que curvas de cinética de secagem de um produto depende de muitos fatores, como velocidade do ar de secagem, teor de umidade inicial, teor de umidade final, umidade relativa do ar, temperatura, composição, pressão, entre outros.

Maria et al. (2020) relataram que o tempo de secagem final é caracterizado por uma taxa decrescente de transferência de massa. Neste período, a cinética de evaporação é controlada pela difusão da água através da estrutura interna do material, que diminui com a diminuição da diferença da pressão de vapor na superfície do produto (umidade relativa de equilíbrio). Desta forma, a cinética de secagem permite a identificação dos principais mecanismos de transferência de massa do material para o fluido e assim as correspondentes equações matemáticas que descrevem este processo.

5.6 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E COMPOSTOS BIOATIVOS DO RESÍDUO CERVEJEIRO SECO EM DIFERENTES TEMPERATURAS DE SECAGEM

Na Tabela 11 encontram-se os valores médios e desvios padrão da caracterização físico-química do resíduo cervejeiro seco em diferentes temperaturas de secagem.

Pode-se observar que entre os valores de umidade houve diferenças significativas de resultados nas médias com superioridade nas temperaturas de 50 e 60 °C. Os valores médios de umidade foram de 5,63 %, 5,60 %, 4,28 % e 3,10%, para as temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, respectivamente. É possível verificar que a umidade para as diferentes temperaturas é considerada satisfatória, podendo assim reduzir a taxa de crescimento microbiano e reações químicas indesejáveis que podem deteriorar o produto tornando-o impróprio para o consumo.

Tabela 11- Resultados médios da caracterização físico-química do resíduo trigo e pilsen seco em diferentes temperaturas de secagem.

Parâmetros	Temperaturas			
	50°C	60°C	70°C	80°C
Umidade (%)	5,63 ^a ±0,21 [*]	5,60 ^b ±0,06	4,28 ^c ±0,07	3,10 ^d ±0,13
Acidez total (%)	0,17 ^a ±0,00	0,14 ^{ab} ±0,00	0,12 ^b ±0,05	0,12 ^b ±0,09
pH	5,95 ^a ±0,00	5,94 ^a ±0,02	5,69 ^c ±0,02	5,90 ^b ±0,02
SST (°Brix) **	6,00 ^a ±0,00	5,80 ^b ±0,00	3,80 ^c ±0,00	3,50 ^d ±0,00
Proteína (%)	8,01 ^d ±0,03	10,90 ^c ±0,03	12,81 ^b ±0,06	18,93 ^a ±0,04

*Média ± desvio padrão. ** Sólidos solúveis Totais.

Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre ao nível de 5% de confiança (P≤ 0,05), pelo teste de Tukey.

Comparando os resultados obtidos para cada temperatura utilizada no processo de secagem, observou-se que quanto a maior temperatura de secagem menor são os teores de umidade, sendo eles inversamente proporcional. Zanatta et al. (2023) corrobora que esse comportamento deve ao fato que as maiores taxas de remoção de água do produto ocorrem em temperaturas mais elevadas, pois as taxas de transferência de calor são maiores.

observou-se que quanto a maior temperatura de

Miranda et al. (2023), analisaram o bagaço do malte pilsen em estufa de circulação forçada de ar, a uma temperatura de 70°C e encontraram 6,7% o teor de umidade. Morais (2022), relatou que após a secagem do bagaço de malte por meio da secagem convectiva apresentou os valores de umidade (8,39%, 8,54%, 8,29% e 6,62%), nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C. Nota-se que a diferença nos resultados encontrados podem ser demonstrada por diversos fatores que podem influenciar, como a composição de cada mosto, variedade da

cevada, tempo da colheita, resíduo de leveduras e do tipo de cerveja obtida (SIQUEIRA et al., 2022).

Ao analisar a acidez total, diferiram estatisticamente entre si, apenas o resíduo nas temperaturas de 70 e 80 °C não apresentou diferenças quando comparada as demais segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade. É possível observar que com o aumento da temperatura de secagem, houve uma redução da acidez. Este fato pode ser explicado pela oxidação dos ácidos orgânicos com o aumento da temperatura, com 0,17% na temperaturas de 50°C, 0,14 % na temperatura de 60 °C e 0,12% nas temperaturas de 70 e 80 °C.

Pinheiro (2023), ao avaliar a cinética de secagem em resíduo cervejeiro do tipo pale ale nas temperaturas de 50, 60 ,70 e 80 °C, encontrou valores de acidez total de 0,20, 0,20, 0,21, 0,26. Essas diferenças encontradas podem ser justificadas pelo tipo de malte utilizado e pelo tempo mosturação do processo.

Os valores médios de pH diferiram estatisticamente entre si, com exceção das temperaturas de 50 e 60 °C, que não apresentaram diferença significativa. Apresentaram o pH, com os valores de 5,95, 5,94, 5,69 e 5,90 para as temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, respectivamente. Assim como a umidade, o pH é um fator de fundamental importância na limitação dos tipos de microrganismos capazes de se desenvolverem nos alimentos.

Lopes (2020), ao realizar a secagem do bagaço de malte em casa de vegetação e ao ar livre encontrou valor de pH de 5,64 em bagaço de malte, valor próximo aos observados nesse estudo. Rodrigues (2023) encontrou valor de pH 4,53 em resíduo cervejeiro do tipo pilsen seco em estufa de circulação forçada a 65°C.

De acordo com Hornink (2022), durante o processo de mosturação e brassagem pelo qual o malte é adicionado em uma solução de água quente e pH corrigido entre 5,4 e 5,8, com o intuito de sacarificar as moléculas de amido presente fazendo com que ocorra a degradação do amido por ação enzimática, dessa forma, podendo impactar diretamente nos valores de acidez e pH encontrados no resíduo cervejeiro.

Observa-se que entre os valores médios houve diferenças significativas de resultados para sólidos solúveis totais (SST) com superioridade na temperatura de 50°C, assim constatando uma redução nos valores de sólidos SST com o aumento da temperatura de secagem, saindo de 6,0 °Brix na temperatura de 50 °C, para 3,50 °Brix na temperatura de 80 °C. Os resultados encontrados significam que a lavagem dos grãos na etapa de brassagem faz com que as concentrações de dextrinas reduzirão e os açúcares fermentescíveis aumentarão no mosto, assim havendo uma redução de SST no resíduo cervejeiro. Nota-se também que com o aumento da temperatura os teores caíram praticamente pela metade, podendo ser justificado

pela caramelização dos açúcares com o aumento da temperatura, assim resultando na transformação dos açúcares em outras substâncias que não contribuem para o valor do °Brix.

Os resultados obtidos para as proteínas em todas as amostras diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Observa-se que o maior teor de proteína encontrado foi na temperatura de 80°C, com 18,93%, sendo que nas temperaturas de 70, 60 e 50°C, apresentaram teores de proteínas 12,81%, 10,90% e 8,01%, respectivamente resultados inferiores quando comparado com temperatura de 80°C.

Rêgo e Brito (2021) obtiveram valor de proteína semelhante de 11,77% na farinha do bagaço do malte. Também foram relatados valores de proteínas semelhantes por Glüger e Gurak (2020) que apresentou valor de proteína 16,61% na farinha de bagaço de malte pilsen, como Texeira et al. (2018) que relataram valor de proteína de 12,5%. Devido ao significativo valor proteico encontrado no material avaliado neste trabalho, é possível desenvolver alimentos híbridos com enriquecimento proteico a partir do resíduo.

Na Tabela 12 observa-se as médias e desvios padrão dos compostos bioativos do resíduo cervejeiro seco em diferentes temperaturas de secagem.

Os valores médios encontrados para os compostos fenólicos totais (CFT) diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Na temperatura de 50 °C foi 227,67 mg/100g apresentando maior teor de CFT em relação aos demais. Posteriormente as temperaturas de 80 e 60°C, com 166,65 e 139,17 mg/100g, respectivamente e o menor teor na temperatura de 70 °C com 135,57 mg/100g.

Tabela 12- Resultados médios dos compostos bioativos do resíduo trigo e pilsen seco em diferentes temperaturas de secagem.

Parâmetros	Temperaturas			
	50°C	60°C	70°C	80°C
CFT** (mg/100g)	227,67 ^a ±0,00*	139,17 ^c ±0,00	135,57 ^d ±0,00	166,65 ^b ±0,00
Taninos totais (mg/100g)	372,61 ^a ±0,00	235,39 ^c ±0,00	229,85 ^d ±0,00	278,04 ^b ±0,00
Carotenoides (µg/100g)	118,21 ^b ±0,00	96,55 ^d ±0,00	106,48 ^c ±0,00	228,10 ^a ±0,00
Flavonoides (mg/100g)	2,43 ^b ±0,00	2,50 ^a ±0,00	2,28 ^c ±0,00	2,10 ^d ±0,00
Antocianinas (mg/100g)	0,18 ^b ±0,00	0,18 ^b ±0,00	0,29 ^a ±0,00	0,16 ^c ±0,00

*Média ± desvio padrão. ** Compostos Fenólicos Totais.

Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre o nível de 5% de confiança (P≤ 0,05), pelo teste de Tukey.

Nascimento et al. (2019) ao estudarem a cinética de secagem convectiva dos frutos de bacaba em diferentes temperaturas, observaram que a elevação da temperatura de secagem resultou em diminuição nos compostos fenólicos totais, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Costa et al. (2020), ao analisarem bagaço do malte tipo pilsen na temperatura de 60°C encontraram valor médio de CFT de 140 mg de AG/ 100 mL⁻¹, sendo que o presente estudo apresentou resultado semelhante. Vieira (2022), ao avaliar o bagaço do malte obteve teor de CFT de 263,23 mg EAG/g amostra. Essas diferenças se devem, provavelmente, às diferentes matérias-primas, processos de produção e temperatura utilizadas na produção da cerveja.

Os teores de taninos totais do resíduo seco pode-se observar que entre os valores médios houve diferenças significativas de resultados com superioridade entre as temperaturas de 50 e 80°C que foram de 372,61 e 278,04 mg/100g. De acordo, os teores de taninos obtidos é possível verificar que a secagem pode quebrar as paredes celulares do bagaço de malte, facilitando a liberação de taninos que estavam presos ou associados à matriz celular, assim aumentando os teores.

Galaz et al. (2017) avaliando o efeito da temperatura de secagem em tambor na cinética de secagem em casca de romã, observaram uma rápida redução no teor de taninos hidrolisáveis com o aumento da temperatura. Jerome e Dwivedi (2022) também observaram na secagem a vácuo por micro-ondas da casca de romã um aumento linearmente com a minimização da potência das micro-ondas e a maximização da pressão do sistema no valor do teor total de tanino hidrolisável. Entretanto o resíduo seco apresentou uma alta concentração de taninos, indicando que a secagem concentrou bem esses bioativos presentes. Isso demonstra que a secagem se mostrou eficaz em relação à concentração de taninos.

Observa-se que os teores de carotenoides encontrados diferiram significativamente si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, apresentando maior teor médio na temperatura de 80°C, com 228,10 µg/100g, seguindo das temperaturas de 50, 70 e 60 °C, que apresentaram teores de 118,21, 106,48 e 96,55 µg/100g.

Nascimento (2021) avaliou resíduos de pimentões mediante secagem convectiva nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, e relatou que os teores de carotenoides com acréscimo da temperatura do ar não houve alteração dos carotenoides em função do aumento da temperatura para farinhas dos pimentões verde e vermelho, no entanto o pimentão amarelo apresentou um aumento nos teores de carotenoides com a elevação da temperatura. Dessa forma, significa que o aumento da temperatura de secagem não influenciou nos teores de carotenoides.

Os resultados encontrados para flavonoides e antocianinas no resíduo diferiram significativamente entre si. Com relação aos resultados dos flavonoides a temperatura de 60°C, com 2,50 mg/100g apresentou maior teor médio, sendo que a maior temperatura de 80°C

apresentou o menor teor médio, com 2,10 mg/100g. Assim como nos flavonoides, as antocianinas apresentou resultados similares, tendo a menor média encontrada na temperatura de 80°C (0,16 mg/100g) e maior teor médio na temperatura de 70 °C (0,29 mg/100g), apresentando apenas traços desse pigmento nas temperaturas estudadas.

Leitzke et al. (2018) ao analisar a temperatura de secagem na dureza após o cozimento e nos compostos bioativos de arroz preto, observaram que independente da temperatura do ar de secagem os teores de flavonoides solúveis foram maiores que os insolúveis nas temperaturas de 40, 60 e 80°C, com 3,34, 3,20 e 3,22 mg EAG/g para flavonoides solúveis e 1,46, 1,51 e 1,50 mg EAG/g para flavonoides insolúveis. O maior conteúdo de antocianinas totais foi obtido na temperatura de secagem de 40°C (4,51 mg ECG/g).

Castro et al. (2017) corroboram que o teor de flavonoides é diretamente afetado pela temperatura de secagem e pelo tempo de exposição, sendo que altas temperaturas e tempo de exposição prolongado podem levar à sua degradação. Portanto, a definição do binômio tempo/temperatura é crucial.

Mota et al. (2023) afirmaram que a estabilidade das antocianinas é influenciada por diversos fatores como pH, temperatura, enzimas, ácido ascórbico, oxigênio, dióxido de enxofre, luz e íons metálicos. No entanto, a degradação de antocianinas no processamento e armazenamento é um grande obstáculo na indústria alimentícia.

6 CONCLUSÃO

A adição de 4% tubérculo e 10% e 15 % polpa de cajá nos tratamentos potencializaram a cinética de fermentação, resultando em maior consumo de substrato residual, maior crescimento celular e produziram maiores concentrações de álcool em menor período de tempo, quando comparado com o tratamento 1, sendo que o tratamento padrão não influenciou de forma significativa para maior formação do produto.

As cervejas artesanais de trigo adicionadas de beterraba e polpa de cajá apresentaram ausência de microrganismos patogênicos, exceto o parâmetro de Fungos filamentosos e leveduras, encontram-se superior aos valores permitidos pela legislação, sendo impróprias para consumo e para comercialização. Os tratamento 3 e 4 com 4% de beterraba apresentaram maiores quantidades que a padrão de carotenoides, betacianinas, betaxantinas e betalainas. A beterraba contribuiu positivamente na obtenção dos compostos bioativos, proporcionando assim cervejas uma coloração diferenciada resultante das betalainas, sabor atrativo do fruto do cajá e com refrescância acentuada.

Durante o armazenamento foram observados que os tratamentos 3 e 4 com maiores concentrações de beterraba, apresentaram maiores teores de carotenoides, betacianinas, betaxantinas e betalainas, podendo verificar que a estabilidade desses compostos foram atribuídos as condições de armazenamento.

O processo de secagem do resíduo cervejeiro trigo e pilsen foi melhor representado pelos modelos de Page, Aproximação da difusão e Wang e Singh. Dentre esses modelos, o modelo de Page apresentou os maiores coeficientes de determinação e os menores desvios quadráticos médios e qui-quadrado, sendo o que melhor representou o processo de secagem. Contudo a secagem alterou as características físico-químicas e os compostos bioativos do resíduo, concentrando os compostos fenólicos totais e taninos na temperatura de 50°C, sendo que o maior o teor protéico e os carotenoides foi na temperatura 80°C.

Destacando que a adição da beterraba e da polpa de cajá mostrou-se um grande potencial para as indústrias cervejeiras, assim proporcionando cervejas com baixo teor alcoólico, com altos teores de compostos bioativos, garantindo alta qualidade e valor nutricional. Assim, beneficiando o fortalecimento da agricultura familiar, permitindo a introdução de pequenas e médias cooperativas que produzem polpa de fruta de forma artesanal e que tem pequena produção agrícola de beterraba.

REFERÊNCIAS

- ADRIANO, L. P. **Empreendedorismo: Um estudo sobre três cervejarias em Fortaleza- CE.** 2019. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Administração) – Centro Universitário Christus Fortaleza, 2019.
- ALMEIDA, D. S.; BELO, R. F. C. Análise físico-química de cervejas artesanais e industriais comercializadas em Sete Lagoas – MG. **Faculdade Ciências da Vida – FCV.** 2017.
- ALMEIDA, F. L. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; ALMEIDA, E. C.; SILVA, M. O.; ARAUJO, L. F. S.; SILVA, L. N.; DANTAS, R. V. C. Polari, I. D. L. B. Estudo do processo fermentativo de bebidas alcoólicas de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). **HOLOS**, v. 3, p. 1-19, 2020.
- ALVES, A. F.; SILVEIRA, M. L. R.; SILVA, S. L.; ROSA, V. P.; CIROLINI, A. Produção e avaliação microbiológica de cervejas artesanais com adição de framboesa vermelha (*Rubus idaeus* L.). I Congresso Brasileiro de Produção Animal e Vegetal, Jardim do Seridó-RN, **Agron Food Academy**, 2021.
- ALVES, J. P. N. **Produção de fermentados a partir de suco de beterraba (*Beta Vulgaris* L.) com cascas de laranja pêra (*Citrus sinensis* L.).** 2022. 37f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022.
- ALVES, M. M.; ROSA, M. S.; SANTOS, P. P. A.; PAZ, M. F.; MORATO, P. N.; FUZINATTO, M. M. Artisanal beer production and evaluation adding rice flakes and soursop pulp (*Annona muricata* L.). **Food Science and Technology**. v. 40, p. 545-549, 2020.
- ALVES, W. S.; GOMES, M. L. S.; MARTINS, G. A. S.; ROLIM, C. S. S.; ROLIM, L. N.; SARAIVA-BONATTO, E. C.; PEREIRA, B. F. F.; LAMARÃO, C. V. Caracterização físico-química e avaliação e sensorial de cerveja pilsen produzida a partir de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz., 1766) submetida a diferentes adubações de solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 7580-7599, 2020.
- ANDRADE, F. S.; GALDINO, P. O.; SANTIAGO, Â. M.; OLIVEIRA, F. B.; ALMEIDA, M. M.; GALDINO, P. O.; MOTA, M. M. A.; SILVA, M. C. S.; SILVESTRE, M. L.; NASCIMENTO, M. G. S. Avaliação das propriedades termodinâmicas e físico-químicas do mesocarpo do maracujá quando submetido aos processos combinados de secagem. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e122101320771-e122101320771, 2021.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2010. **Consulta Pública (CP) nº 69, 13 junho de 2010.**

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. **Morfologia de sistemas subterrâneos de plantas/Morphology of plant underground system**. 1. ed. Belo Horizonte: 3i Editora Ltda, 2015. v. 1. 159p.

ARAÚJO, C. S.; MARCEDO, L. L.; VIMERCATI, W. C.; PAULA, R. R.; TEXEIRA, L. J. Q.; SARAIVA, S. H. Princípios da secagem de alimentos. Roberto, C. D.; Teixeira, L. J. Q.; Carvalho, R. V (Org.); Tópicos especiais em ciência e tecnologia de alimentos. v.1. Capítulo 14, p. 233-251, **Ed. Edufes**. 2020.

AZEVEDO, M. M. **Caracterização da composição de cerveja e de destilado de Cerveja e desenvolvimento de um método de triagem simples Para determinação de dietilenoglicol por cromatografia gasosa**. 2022, 120f. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG, 2022.

BARBU, V.; COTÂRLEȚ, M.; BOLEA, C. A.; CANTARAGIU, A.; ANDRONOIU, D. G.; BAHIM, G. E.; ENACHI, E. Three types of beetroot products enriched with lactic acid bacteria. **Foods**, v. 9, n. 6, p. 786, 2020.

BARROS, S. L.; CÂMARA, G. B.; LEITE, D. D. F.; SANTOS, N. C.; SANTOS, F.S.; SOARES, T.; LIMA, A. R. N.; SOARES, T. C.; OLIVEIRA, M. N.; VASCONCELOS, U.; ALBUQUERQUE, A. P. QUEIROZ, A. J. M. Modelagem matemática da cinética de secagem de cascas do kimo (*Cucumis metuliferus*). **Research, Society and Development**, v. 9, n.1, e60911608, 2020.

BATISTA, E. A.; SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. L. J.; LUÍZ, M. R.; ALMEIDA, M. M. Estudo do processo de secagem de resíduo de malte gerado na produção de cerveja. **In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, Maceió-AL, 2018.

BELCAR, J.; GORZELANY, J. Effect of the Addition of Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) on the Quality and Microbiological Stability of Craft Wheat Beers. **Molecules**, v. 27, n. 24, p. 9040, 2022.

BEMFEITO, C. M.; RIBEIRO, A. P. L.; PEREIRA, R. C.; ANGELIS-PEREIRA, M. C. Carotenoides em alimentos: fatores interferentes na biossíntese e estabilidade frente ao processamento. **Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos**, Belo Horizonte: Editora Científica, v. 1, p. 445-465.

BOGDAN, P.; KORDIALIK-BOGACKA, E.; Alternatives to malt in brewing. **Trends in Food Science and Technology**, v.65, p. 1-9, 2017.

BOVI, D. C. M. L.; CORREIA, A. F. K.; GUTIERREZ, E. M. R.; BOVI, L. V. M.; HARDER, M. N. C. Determinação dos teores de betalaína e composição centesimal de beterraba in natura e tipo chips. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 10 n. 2, p. 80-92, 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº161, de 01 de julho de 2022. **Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos dos alimentos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1 jul. 2022.

BRASIL. **Decreto n. 9902, de 8 de julho de 2019**. Altera o Anexo ao Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei nº 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. Subchefia para Assuntos Jurídicos da casa civil da Presidência da República, Brasília, DF, 8 jul. 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9902.htm#art2. Acesso em: 15 out. 2022.

BRASIL. **Instrução Normativa N° 65, de 10 de dezembro de 2019**, MAPA. 2019. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-65-de-10-de-dezembro-de-2019-232666262>. Acesso em: 15 out. 2022.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário da Cerveja: 2021/MAPA**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/arquivos/anuario-da-cerveja-2021.pdf>. Acesso em: 16 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. **Parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 de out. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Alimentos Regionais Brasileiros**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

BRAZ, J. M.; KAMEYAMA, O.; DUTRA, M. B. L. Avaliação da cor de cerveja tipo ale fonte e com alto conteúdo de fibra povidexose. **14º Jornada Científica e Tecnológica e 11º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS**, v. 11, 2022.

CAPELEZZO, L.; AGNOL J. D.; TOMBINI, C.; GODOY. J. S.; ONOFRE, S. B.; JUNIOR, F. R. S. M.; MELLO, J. M. M.; DALCANTON, F. Elaboração e avaliação físico-química de uma barra de cereal utilizando resíduo cervejeiro. **Brazilian Journal of health Review**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 5107-5121, 2020.

CARDOSO, C. E. F.; LOBO, F. A. T. F. Estudo do processo de obtenção da polpa de beterraba vermelha (*Beta vulgaris* L.) em pó, pelo método foam mat drying visando a formulação de um corante natural. **Revista da Associação Brasileira de Nutrição-RASBRAN**, v. 12, n. 1, p. 131-152, 2021.

CARVALHO, L. C.; MAFALDO, I. M.; ROCKENBACH, I. I.; OLIVEIRA, K. K. G.; LIMA, L. G. A. C.; SILVA, V. L. A. M. S.; MISHINA, R. Â. G. Perfil químico e sensorial de cerveja artesanal produzida com uso de algaroba (*Prosopis juliflora*) como adjunto de malte. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e769986041-e769986041, 2020.

CASTRO, D. S.; OLIVEIRA, T. K. B.; LEMOS, D. M.; ROCHA, A. P.; ALMEIDA, R. D. Efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro obtida em leito de jorro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, e2016060, 2017.

CASTRO, L. E. N.; COLPINI, L. M. S. Effect of temperature on the moisture adsorption process in brewers' spent grains. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 30389-30399, 2022.

CASTRO, L. E. N.; MATHEUS, L. R.; COLPINI, L. M. S. Optimization of brewers' spent grain drying process. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 14481-14488, 2022.

CECCATO, B. T. Modelagem da cinética de secagem e caracterização físico-química do bagaço de malte da produção de cerveja artesanal. 2019. 66f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química)** - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2019.

CECCHI, H.M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Unicamp, 2001. 212p.

COHEN, K. O.; JACKIX, M. N. H. Estudo do liquor de cupuaçu. **Food Science and Technology**, v. 25, p. 182-190, 2005.

COSTA FILHO, D. V.; SILVA, A. J.; SILVA, P. A. P.; SOUSA, F. C. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. **II Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER - PDVAgro**, p. 8, 2017.

COSTA, A. G.; MERCADANTE, Z. A. In vitro bioaccessibility of free and esterified carotenoids in cajá frozen pulp-based beverages. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.68 p.53-59, 2018.

- COSTA, A. J. H. D. Produção de cerveja weiss artesanal: processamento, parâmetros físico-químicos e avaliação sensorial. 2018. 50f. **Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Química)** - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2018.
- COSTA, D. L. S.; HUNALDO, V. K. L.; SOUZA, L. A.; SOUSA, M. S.; SANTOS, L. N.; FREITAS, A. C.; FONTENELE, M. A.; SANTOS, L. H.; GOMES, P. R. B.; MOREIRA, A. B. N. Caracterização de polpas de frutas de produtores artesanais de Porto Franco-MA. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 8, n. 11, p. 15072-01e, 2022.
- COSTA, G. M.; SILVA, V. R. O.; LOUZADA, M. H.; QUEIROZ, I. C. Elaboração e caracterização físico-química de farinha de bagaço de malte. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 11-25, 2020.
- COSTA, Z. R. T. **Processo de elaboração e armazenamento de cerveja artesanal tipo Lager adicionada de polpa de caju**. 2023. 189f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande- PB, 2023.
- CRISPIM, S. R.; LUIZ, G. V. Cerveja artesanal: imagem e significados para o consumidor. G Baniski, G. M. (Org.); Administração contemporânea. v.4. Capítulo 10, p. 143-159, **Editora ZH4**, 2021.
- CRIZEL, T. M. **Aproveitamento de Resíduos da Indústria Alimentícia e Nutracêutica no Desenvolvimento de Ingredientes Ativos Para Aplicações em Filmes Biodegradáveis**. 2017. 211 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- CROCETTI, A.; OGLEARI, C.H.; GOMES, G.; SARE, I.; CAMPOS, F.R.; BALBI, M.E. Determinação da composição centesimal a partir de dois métodos de secagem para a produção da farinha de beterraba (*Beta vulgaris*, L. - Família Amaranthaceae). **Visão Acadêmica**, Curitiba, v.17, n.4, out./dez. 2016.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Corantes**. Química de Alimentos de Fennema. 5. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. cap. 10, p. 677 – 748.
- DANTAS, H.J.; SANTOS, H.C.; LEITE, C.A.; LEITE, I.A. Caracterização físico-química da polpa de cajá (*Spondias mombin* L.). **52º Congresso Brasileiro de Química- Química e Inovação: caminho para Sustentabilidade**, Recife/PE, 2012.
- DENG, Y.; BI, H.; YIN, H.; YU, J.; DONG, J.; YANG, M.; MA, Y. Influence of ultrasound assisted thermal processing on the physicochemical and sensorial properties of beer. **Ultrasonics Sonochemistry, Qingdao**, v. 40, parte A, p. 166-173, 2018.

DIAS, L. O. F. PEIL, R. M. N.; ROMBALDI, C. V.; MAUCH, C. R.; PERIN, L. Biofortificação agrônômica com zinco: respostas biométricas e fitoquímicas de microverdes de beterraba, repolho roxo e manjericão. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 16, n. 47, p. 2719-2737, 2023.

DONADINI, G.; FUMI, M. D.; KORDIALIK-BOGACKA, E.; MAGGI, L.; LAMBRI, M.; SOCKOKAI, P. Consumer interest in specialty beers in three European markets. **Food Research International**, v. 85, p. 301-314, 2016.

DUARTE, L. G. O.; TOMÉ, P. H. F.; FRAGIORGE, E. J. Desenvolvimento e análises físico-químicas do fermentado alcoólico da polpa de banana nanica (*Musa spp.*). **Revista Científica Semana Acadêmica**, v. 132, n. 1, 2018.

DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C.; ARAÚJO, R. D. A.; ALMEIDA, R. D.; ANDRÉ, A. M. M. C. N.; MELO, R. B. F., SOUSA, R. V.; NUNES, L. S. Coeficiente de difusividade efetivo e modelagem matemática da secagem de berinjela. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 54117-54124, 2020.

EATON, B. A Overview of Brewing. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. Handbook of brewing. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006, 829p.

ELPÍDIO, C. M. A. **Secagem da ameixa pelo método de camada de espuma: otimização dos parâmetros e caracterização do produto**. 2021. 174f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2021.

FERNANDES, A. E. R.; OLIVEIRA, E. N. A.; FEITOSA, B. F.; ALCANTARA, C. M.; SOUSA, E. P. Fermentados alcoólicos de caju: desenvolvimento e cinética de fermentação. **Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, v.22, n.1, p. 2-9, 2021.

FERNANDES, L. M. **Viabilidade de Produção e caracterização de cerveja artesanal com acerola (*Malpighia emarginata* DC)**. 2017. 76 f. Dissertação (Mestrado Curso de Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

FERREIRA, D. F.; CAVALCANTE, A. G.; CAVALCANTE, A. C. P.; ENRIQUE, J. S.; ZUZA, J. F. C.; ARAÚJO, R. C. Crescimento e características pós-colheita de beterraba sob aplicação de insumo orgânico. **Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal**, p. 10-15, 2020.

FERREIRA, L. P. C. **Microencapsulação de extrato de beterraba pelo processo de gelificação iônica**. 2018. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão/SE, 2018.

FERREIRA, L. P. C.; XAVIER, A. C. R.; SANTOS, J.; WARTHA, E. R. S. A.; PAGANI, A. A. C. Microencapsulação de extrato de beterraba (*Beta Vulgaris* L.) pelo processo de gelificação iônica. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e454101220171-e454101220171, 2021.

FILHO, C. A. J. **Potencial Tecnológico dos Resíduos de uma indústria cervejeira para produção de adubo orgânico tipo Bokashi: uma revisão**. 2022. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

FLORES, I. S.; ANNUNCIACÃO, D. L. R.; SOUZA, T. F. C.; JESUS, L. S.; LIÃO, L. M. Uso da RMN para o controle de qualidade na indústria cervejeira. **Open Science Research IV**, 2022.

FOREZI, L. S. M.; SILVA, F. C.; FERREIRA, V. F. **Aqui tem química!** 1. ed., Rio de Janeiro, Interciência, 2023.

FRANCESCO, G.; BRAVI, E.; SANARICA, E.; MARCONI, O.; CAPPELLETTI, F.; PERRETTI, G. Effect of Addition of Different Phenolic-Rich Extracts on Beer Flavour Stability. **Foods**, v.9, n.11, p.1638, 2020.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, 1982. p. 181-207.

FREITAS, A. F.; MATTIETTO, R. A.; CARVALHO, A. Barrinhas açucaradas à base de farinha de tapioca saborizadas com cupuaçu, taperebá e maracujá-azedo. **Embrapa**, Belém-PA, 2021.

FU, Y.; SHI, J.; XIE, S.-Y.; ZHANG, T.-Y.; SOLADOYE, O. P.; ALUKO, R. E. Red beetroot betalains: Perspectives on extraction, processing, and potential health benefits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 42, p. 11595-11611, 2020.

GAGULA, G.; MASTANJEVIC, K.; MASTANJEVIC, K.; KRSTANOVIC V.; HORVAT, D.; MAGDIC, D. The influence of packaging material on volatile compounds of pale lager beer. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 24, n. 1, p. 1-5, 2020.

GALAZ, P.; VALDENEGRO, M.; RAMÍREZ, C.; NUÑEZ, H.; ALMONACID, S.; R. SIMPSON. Effect of drum drying temperature on drying kinetic and polyphenol contents in pomegranate peel. **Journal of Food Engineering**, v. 208, p. 19-27, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.002>.

GALVÃO, D. F.; RIBEIRO, K. P.; POMPÊU, G. C. S. Estudo cinético do processo produtivo de cerveja artesanal utilizando mandioca como adjunto cervejeiro. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**. Uberlândia, MG. 2019.

GARBIN, E. A. **Estudo exploratório da secagem térmica de resíduo de cervejaria bagaço de malte**. 2022. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

GASIŃSKI, A.; KAWA-RYGIELSKA, J.; SZUMNY, A.; CZUBASZEK, A.; GAŚSIOR, J.; PIETRZAK, W. Volatile compounds content, physicochemical parameters, and antioxidant activity of beers with addition of mango fruit (*Mangifera Indica*). **Molecules**, v. 25, n. 13, p. 3033, 2020.

GASIŃSKI, A.; KAWA-RYGIELSKA, J.; SZUMNY, A.; GAŚSIOR, J.; GŁOWACKI, A. Assessment of Volatiles and Polyphenol Content, Physicochemical Parameters and Antioxidant Activity in Beers with Dotted Hawthorn (*Crataegus punctata*). **Foods**, v. 9, n. 6, pág. 775, 2020.

GASTALDI, B.; MARINO, G.; ASSEF, Y.; SOFRÁS, F. S.; CATALÁN, C. A. N; GONZÁLEZ, S. B. Nutraceutical properties of herbal infusions from six native plants of argentine Patagonia. **Plant foods for human nutrition**, v. 7, n. 3, p.180-188, 2018.

GLÜGER, H. D.; GURAK, P. D. Desenvolvimento de biscoitos salgados com o uso de subprodutos da indústria de cerveja. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 27, p. 1-12. e020023, 2020.

GOMES, N. H. F.; NETO, H. C. S.; ALVES, J. J. L.; RODOVALHO, R. S.; SOUSA, C. M. Cinética de secagem de folhas de *Cymbopogon citratus*. **Engevista**, v. 19, n. 2, p. 328-338, 2017.

GONÇALVES, B. S. G. **Pigmentos Naturais de Origem Vegetal: Betalaína**. 2018. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade do Algarve, 2018.

GOUVEA, I. F. S.; MACIEL, M. P. R.; CARVALHO, E. E. N.; BOAS, B. M. V.; NACHTIGALL, A. M. Caracterização física e química de farinha de talo de beterraba. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15814-15823, 2020.

GUGLIELMOTTI, M.; PASSAGHE, P.; BUIATTI, S. Use of olive (*Olea europaea* L.) leaves as beer ingredient, and their influence on beer chemical composition and antioxidant activity. **Journal of Food Science**, v. 85, n. 8, pág. 2278-2285, 2020.

HABSCHIED, K.; LONČARIĆ, A.; MASTANJEVIĆ, K. Screening of polyphenols and antioxidative activity in industrial beers. **Foods**, v. 9, n. 2, p. 238, 2020.

HAUTRIVE, T. P. **Ciência e tecnologia de alimentos**. 1. ed., Florianópolis, SC: Editora Insular, 2021.

HORNINK, G. G. **Princípios da produção cervejeira e as enzimas na mosturação**. Universidade Federal de Alfenas, Alfenas–MG, 2022.

HUMIA, B. V.; SANTOS, K. S.; BARBOSA, A. M.; SAWATA, M.; MENDONÇA, M. C.; PADILHA, F. F. Beer Molecules and Its Sensory and Biological Properties: A Review. **Molecules**, v. 24, n. 8, p. 1568, 2019.

HUMIA, B. V.; SANTOS, K. S.; SCHNEIDER, J. K.; LEAL, I. L.; BARRETO, G. A.; BATISTA, T.; MACHADO, B. A. S.; DRUZIAN, J. I.; KRAUSE, L. C.; MENDONÇA, M. C.; PADILHA, F. F. Physicochemical and sensory profile of Beaugard Sweet potato beer. **Food Chemistry**, v. 312, p. 126087, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017: resultados preliminares**. Brasil, 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IPIRANGA, A. C. S.; SOUZA, P.G.; JÚNIOR, E. Q. F. Produção de cerveja artesanal estilo Fruit Wheat Beer acrescida de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e pitaya (*Hylocereus costaricensis*). **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n.3 pág. 16–22, 2022.

JACOBSON, J. L. Introduction to wine laboratory practices and procedures. New York, NY: **Springer Science Business Media** Editora. 2006. 390p.

JEROME, R. E.; DWIVEDI, M. Microwave vacuum drying of pomegranate peel: Evaluation of specific energy consumption and quality attributes by response surface methodology and artificial neural network. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 3, p. e16325, 2022. <https://doi-org.ez292.periodicos.capes.gov.br/10.1111/jfpp.16325>

KRONENBERGER, G.; CUNHA, A. L. M. C.; NOGUEIRA, L. C.; AZEREDO, D. R. P.; RAICES, R. S. L. Cervejas especiais: um levantamento bibliográfico sobre alterações físico-químicas, presença de compostos bioativos e grau de aceitação do produto. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v.2, n. 12, p. 55-80, 2021.

KUIAVSKI, M. P.; BEZERRA, J. R. M. V.; TEIXEIRA, A. M.; RIGO, M. Elaboração de pães com adição de farinha do bagaço de malte. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, 53208-53221, jul. 2020.

KUSHWAHA, R.; KUMAR, V.; VYAS, G.; KAUR, J. Otimização de diferentes variáveis para extração ecológica de betalaínas e fitoquímicos de bagaço de beterraba. **Valorização de Resíduos e Biomassa**, v. 9, p. 1485-1494, 2018.

LEHNHARDT, F.; GASTL, M.; BECKER, T. Forced into aging: Analytical prediction of the flavor-stability of lager beer. A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 16, p. 2642–2653, 2019.

LEITZKE, S.; VENZKE, A. M.; LANG, G. H.; FERREIRA, C. D.; OLIVEIRA, M. Influência da temperatura de secagem na dureza após o cozimento e nos compostos bioativos de arroz preto. In: **XXVII Congresso de Iniciação Científica, 4ªSemana Integrada UFPEL**, 2018.

LEMOS, T. M. **Definição da melhor receita da Barbados Beer**. 2016. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização (Gestão de projetos) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, 2016.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L.; DOUCE, R. (Eds.). **Methods in Enzymology**. London, v. 148, p. 350-382, 1987.

LIMA, J. M. **Produção de cerveja artesanal com adição de goiaba vermelha e flocos de aveia**. 2023. 58f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) - Universidade Federal de Campina Grande, Sumé-PB, 2023.

LISBOA, H. M.; ARAUJO, H.; PAIVA, G.; ORIENTE, S.; PASQUALI, M.; DUARTE, M. E.; MATA, M. E. C. Determination of characteristic properties of mulatto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during convective drying. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 1, p. 100003, 2019.

LOPES, S. P. **Uso de resíduo de terra de diatomáceas e amido de milho visando a redução da volatilização de NH₃ na compostagem de bagaço de malte**. 2022. 67f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2022.

LOS SANTOS, M. L. P.; MOTA, B. B.; SCHIRMANN, G. S.; BRAGANÇA, G. C. M.; VERBES, M. P.; LIMA, N. F. Características de consumo e aproveitamento integral da beterraba (*Beta Vulgaris*). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.8, p. 79770-79780, 2021.

LOUREIRO, D.; MIRANDA, M.; MARTINS, A.; VIEGAS, S.; RODRIGUES, H.; LOBO, G.; PRIETO, E. G.; GALAN, S. P.; DIAS, I.; MENDEZ, J. O.; PEREZ, M. B. A. P.; MANTILLA, V. Potencial de integração de energia solar térmica de concentração em processos de secagem de resíduos. In: **CIES2020-XVII Congresso Ibérico e XIII Congresso Ibero-americano de Energia Solar**. LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia, p. 553-56, 2020.

MAMEDE, O. E. M.; KALSCHNE, L. D.; SANTOS, P.C. A.; BENASSI, T.M. Cajá- flavored drinks: a proposal for mixed flavor beverages and a study of the consumer profile. **Food Science and Technology** (Campinas), v. 35, n. 1, p. 143-149, 2015.

MARCOS, A.; SERRA-MAJEM, L.; PÉREZ-JIMÉNEZ, F.; PASCUAL, V.; TINAHONES, F. J.; ESTRUCH, R. Moderate Consumption of Beer and Its Effects on Cardiovascular and Metabolic Health: An Updated Review of Recent Scientific Evidence. **Nutrients**, v. 13, n. 3, pág. 879, 2021.

MARIA, C. P.; QUAST, E.; QUAST, L. B. Valorização de subproduto da produção artesanal de cerveja. **Jornada de iniciação científica e tecnológica**, v. 1, n. 10, 2020.

MARTINEZ-GOMEZ, A.; CABALLERO, I.; BLANCO, C. A. Phenols and Melanoidins as Natural Antioxidants in Beer. Structure, reactivity and antioxidant activity. **Biomolecules**, v. 10, n. 3, p. 400, 2020.

MARTINEZ-GOMEZ, A.; CABALLERO, I.; BLANCO, C. A. Phenols and melanoidins as natural antioxidants in beer. Structure, reactivity and antioxidant activity. **Biomolecules**, v. 10, n. 3, p. 400, 2020.

MEDEIROS, D. A. M.; PINTO, T. V.; TOMÉ, P. H. F.; FRAGIORGE, E. J.; LOPES, M. A. Composição e propriedades bioquímicas da cerveja artesanal ale de flor de hibiscos enriquecida com frutos de mirtilo. **Revista Científica Semana Acadêmica**, v. 1, p. 1-19, 2020.

MEDRADO, M. B. **Desenvolvimento de cerveja artesanal de maracujá da caatinga**. 2022. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão do Pernambuco, Petrolina/PE, 2022.

MELO FILHO, J. S. Crescimento, produção, trocas gasosas e qualidade de *Beta vulgaris* L. com águas salinas e silício via foliar e solo. 2019. 84 p. **Tese (Doutorado em Agronomia)** - Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2019.

MELO, M. L. O. **Avaliação da atividade antioxidante do extrato de beterraba (*Beta vulgaris*) na forma alcoólica e microencapsulada com maltodextrina.** 2019. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns/PE, 2019.

MESQUITA, J. S.; RAMOS, J. P.; EVERTON, G. O.; FILHO, V. E. M.; COELHO, S. C. Produção e avaliação físico-química de uma cerveja artesanal puro malte com adição de extratos de *Syzygium aromaticum* e *Cinnamomum zeylanicum*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 1-25, 2020.

MILAGRES, F. C. O. **Desenvolvimento e caracterização de cerveja artesanal com umbu.** 2019. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gastronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife/PE, 2019.

MIRANDA, C. A. D.; FERREIRA, G. L.; BATISTA, M. F. D.; SANCHES, V. M. F. Suplementação alimentar a partir de bagaço de malte. 2023. 72f. **Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Química e Engenharia de Alimentos)** - Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2023.

MORA, J.; POTT, D. M.; OSORIO, S. VALLARINO, J. G. Regulation of Plant Tannin Synthesis in Crop Species. **Frontiers in Genetics**, v. 13, p. 870976, 2022.

MORADO, R. **Larousse da Cerveja: A história e as curiosidades de uma das bebidas mais populares do mundo.** São Paulo: Alaúde Editorial, 2017. 440 p.

MORAIS, M. C. Secagem do bagaço de malte: estudo experimental e modelagem matemática. 2022. 45f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química)** - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão-PR, 2022.

MOREIRA, I. S.; SILVA, W. P.; CASTRO, D. S.; SILVA, L. M. M.; GOMES, J. P.; SILVA, C. M. D. P. S. Production of kiwi snack slice with different thickness: drying kinetics, sensory and physicochemical analysis. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 5, p. 778-787, 2018.

MOREIRA, W. F. Produção de cerveja artesanal elaborada com polpa de umbu (*Spondias tuberosa*) desidratada. 2022. 34f. **Relatório final (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC)** - Universidade federal de Sergipe. 2022.

MOTA, F. G.; BORGES, Â. S.; NUNES, T. P.; GAGLIARDI, P. R.; SILVA, R. R.; SILVA, A. G.; DURIGON, A.; Constant, P. B. L. Flor de Clitoria ternatea: desidratação e caracterização. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 8, p. 9740-9757, 2023.

MULLER, C. V. **O controle oficial de fraudes em cerveja no Brasil – Estudo de caso**. 2018. 63f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Químicas e Biológicas) -Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2018.

MULLER, C. V.; GUIMARÃES, B. P.; GHESTI, G. F. O controle oficial de uso de adjuntos em cerveja no Brasil. **Revista Processos Químicos**, v. 15, n. 29, p. 69-81, 2021.

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

NASCIMENTO, A. L. A. A.; ASSIS, L. S.; BRANDI, I. V.; DURÃES, C. A. F.; LIMA, J. P.; CARVALHO, B. M. A. Potencial antioxidante de frutos do Cerrado do Norte de Minas Gerais. **III Simpósio de Engenharia de Alimentos–SIMEALI: interdisciplinaridade e inovação na Engenharia de Alimentos**, 2019.

NASCIMENTO, A. M. Produção de farinhas de pimentões e resíduos mediante secagem convectiva: compostos bioativos e da capacidade antioxidante. 2021. 128 f. **Tese (Doutorado em Engenharia de Processos)** - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021.

NASCIMENTO, R.; SANTOS, E.; SANTANA, E.; ANDRADE, E.; FARIA, L. D.; COSTA, C. Cinética de secagem convectiva dos frutos de bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.): efeitos no teor de antocianinas e fenólicos. In: **XXXIX Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados ENEMP**. 2019.

NETO, D. M. C; MOREIRA, L. L. P. F., CASTRO, E. V. D.; SOUZA, W. B.; FILGUEIRAS, P. R.; ROMÃO, W.; FOLTI, G. S.; LACERDA JR., V. Estudo do perfil químico de cervejas brasileiras: uma avaliação entre as bebidas artesanais e industriais. **Química Nova**, v. 45, n. 05, p. 518-530, 2022.

NILSON, T. Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *rubra* L.). **Lantbrukhögskolans Annaler**, v. 36, p. 179-219, 1970. Disponível em: <https://eurekamag.com/research/014/685/014685715.php> Acesso em: 13 maio de 2024.

NOGUEIRA, A.; ZARDO, D. M.; KVITSCHAL, M. V.; ZIELINSKI, A. A. F.; ALBERT, A. Diversificação de negócios na propriedade frutícola: processamento de maçã. **Brazilian Journal of Development**, v.5, n.10, p.18734-18742, 2019.

NOGUEIRA, B. V.; TAVELLA, A.; BARROS, J. R.; KITAHARA, S. E.; FORMIGONI, M. L. M. V. Embalagens de vidro e a vida de prateleira de alimentos. **Revista Científica SENAI-SP-Educação, Tecnologia e Inovação**, v. 2, n. 1, p. 57-75, 2023.

NUNES, E. N. **Produção de adsorventes utilizando resíduo de cajá (*Spondias mombin* L.) para o tratamento de disruptores endócrinos**. 2018. 104f. Tese (Doutorado em Pós Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2018.

OLIVEIRA, C. S.; SOUSA, A. B. M.; CUNHA, R. N. Incorporação de polpa de frutas na produção de cerveja artesanal do tipo Blonde Ale. **Perquirere**, v. 2, n. 18, p. 218-242, 2021.

OLIVEIRA, K. A. M.; DODO, S. J.; CHAVES, K. S. Desenvolvimento de bebida fermentada de kefir sabor cajá – caracterização físico-química, microbiológica e avaliação sensorial. **Revista Panorâmica online**, v. 38, n. 1, 2023.

OLIVEIRA, L. C. P.; FARIAS, A. K. N.; BALDUS, T.; RODRIGUES, E. C.; DE FARIAS, R. A. P. G.; PICANÇO, N. F. M. Análise físico-química das características da beterraba e resíduos in natura, cozimento a vapor e na forma de xarope. **In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Gramado/RS. 2016.

OLIVEIRA, L. F. R. **Estudo do potencial bioativo das sementes de cajá (*Spondias Mombin* L.) e sua veiculação simultânea com probióticos**. 2023. 76f. Dissertação (Mestrado Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2023.

OLIVEIRA, M. S. R.; FRANZEN, F. L.; MACHADO, A. C. A.; BASSACO, G. P.; MANFIO, M. Elaboração de cervejas artesanais com o uso de adjuntos cervejeiros regionais e flores comestíveis. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.12, p. 121412-121432 dec. 2021.

PACHECO, B. R. O.; MAKOSKI, J. R.; LIMA, C. S. M.; ROSA, G. G. Classificação comercial e caracterização físico-química de beterrabas oriundas de sistema de plantio direto de hortaliças sob diferentes densidades de palhada de milho. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, vol. 22, núm. 2, 2021

PEREIRA, C. F. **Elaboração de bebida fermentada probiótica de suco de cajá (*Spondias mombin* L.) com *Lactobacillus Casei***. 2018. 64f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas/TO, 2018.

PEREIRA, I. M. C.; NETO, J. D. M.; FIGUEIREDO, R. W.; CARVALHO, J. D. G.; FIGUEIREDO, E. A. T.; MENEZES, N. V. S. D.; GABAN, S. V. F. Physicochemical characterization, antioxidant activity, and sensory analysis of beers brewed with cashew peduncle (*Anacardium occidentale*) and orange peel (*Citrus sinensis*). **Food Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 749-755, 2020.

PINHEIRO, L. S. S. **Desenvolvimento de cerveja adicionada de extratos de própolis**. 2023. 138 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2023.

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.

RAMOS, J. A.; FURLANETO, K. A.; MENDONÇA, V. Z.; MARIANO-NASSER, F. A.C. LUNDGREN, G. A.; FUJITA, E.; VIEITES, R. L. Influence of cooking methods on bioactive compounds in beetroot. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 1295-1301, 2017.

RECEH, K. P. M.; ZORZAN, V. Aproveitamento de resíduos da indústria cervejeira na elaboração de cupcake. 2017. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2017.

RÊGO, P. S.; BRITO, G. L. Produção e caracterização de farinha de bagaço de malte a partir de resíduo cervejeiro. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v.11, n.2, p. 958-963, 2021.

RIBEIRO, P. V. L. **Elaboração de cerveja artesanal estilo fruit beer adicionada de taperebá (*Spondias mombin* L.)**. 2022. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus- AM, 2022.

RINALDI, B. J. D. **Incorporação de phisalys (*Physalis peruviana* L.) na produção de cerveja frutada**. 2021. 70f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco- PR, 2021.

RODRIGUES, A. A. **Aplicação de compostos orgânicos a base de resíduos de cervejaria como alternativa para o cultivo de hortaliças**. 2023. 55f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2023.

RODRIGUES, T. J. A.; ALBUQUERQUE, A. P.; AZEVEDO, A. V. S.; SILVA, L. R.; PASQUALI, M. A. D. B.; ARAÚJO, G. T.; MONTEIRO, S. S.; LIMA, W. D. L.; ROCHA, A. P. T. Production and shelf-life study of probiotic caja (*Spondias mombin* L.) pulp using *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* B94. **Foods**, v. 11, n. 13, p. 1838, 2022.

ROSA, R. S.; LAGES, L. Z.; CONCEIÇÃO, C. S.; MENDONÇA, C. R. B.; GANDRA, E. A. Avaliação de suco de beterraba em pó (*Beta vulgaris* L., cultivar *Early Wonder*). In: **XXIX CIC Congresso Iniciação Científica**. 2020.

SABINO, C. V. D. M. **Caracterização físico-química e estudo da atividade antioxidante de cervejas adicionadas de matérias-primas da Amazônia**. 2020. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus- AM, 2020.

SACILIK, K.; ELICIN, A.K. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. **Journal of Food Engineering**, v.73, p.281-289, 2006.

SALES, L. S.; SOUZA, P. G. Produção de cerveja do estilo Catharina Sour com Araçá-Boi (*Eugenia Stipitata Mcvaugh*). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p.1599-1613jan. 202v. 7, n. 1, p. 1599–1613, 2021.

SANTA, O. R. D.; SILVA, N. S. R.; ROSA, C. T.; MICHELETTI, I. N.; KRUGER, R. L.; MESOMO, M. C., ZANETTE, C. M. Elaboração de cerveja com adição de alcachofra. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p.72918-72928, 2020.

SANTOS, C. D. Extração, clarificação e estabilização de betalainas provenientes de talos de beterraba vermelha (*Beta vulgaris* L.). 2017. 175f. **Tese (Doutorado em Engenharia Química)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre- RS, 2017.

SANTOS, C.D. **Extração, clarificação e estabilização de betalainas provenientes de talos de beterraba vermelha (*Beta vulgaris* L.)**. 2017. 175f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

SANTOS, F.S., ROSSANA M. F., DE FIGUEIRÊDO, ALEXANDRE, J., SANTOS, D. Drying kinetics and physical and chemical characterization of white-fleshed ‘pitaya’ peels. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 12, n.21, p.872-877, 2017.

SANTOS, J.; VASCONCELOS, M. F. M.; OLIVEIRA, G. L. S.; SILVA, V. C.; JÚNIOR, I. D. B.; PAGANI, A. A. C. Avaliação dos compostos bioativos e ação antioxidante do iogurte de beterraba com limão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 29301-29311, 2020.

SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; MONTEIRO, S. S.; SILVA, S. N.; RIBEIRO, V. H. A.; SILVA, V. M. A.; GOMES, J. P.; SANTIAGO, A. M.; LUIZ, M. R.; VIEIRA, D. M.; ARAÚJO, R. A. A.; VILAR, S. B. O.; BARROS, E. R. Kinetics of Drying and Physical-Chemical Quality of Peach cv. Hubimel. **Journal of Agricultural Science**, v.11, n.16, p.223-232, 2019.

SANTOS, N. C.; LEITE, D. D.F.; CÂMARA, G. B.; BARROS, S. L.; SANTOS, F. S.; SOARES, T. C.; LIMA, A. R. N.; SOARES, T. C.; ALBURQUERQUE, A. P.; OLIVEIRA, M. N.; VASCONCELOS, U. A. A.; QUEIROZ, A. J. M. Modelagem matemática da cinética de secagem de cascas da toranja (*Citrus paradisi* Macf.). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. 9, 2020.

SANTOS, P. P. A.; FERRARI, G. S.; ARAÚJO, L. A.; ALVES, M. M.; OLIVEIRA, C. F. R.; FUZINATTO, M. M. Avaliação físico-química e sensorial de cerveja fruit beer ale produzida a partir de farinha de pão e Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 121071-121085, 2021.

SANTOS, Y. M. G. **Desenvolvimento, caracterização e armazenamento de bebida alcoólica fermentada de jabuticaba**. 2020. 104f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2020.

SHAKIR, B. K.; SIMONE, V. Estimation of betalain content in beetroot peel powder. **Italian Journal of Food Science**, v. 36, n. 1, p. 53-57, 2024.

SILVA, A. P. F.; Sousa, A. P. M.; Macedo, A. D. B.; Dantas, D. L.; Costa, J. D.; Almeida, A. F.; SANTANA, R. A. C.; Campos, A. R. N. Obtenção de produto farináceo a partir de resíduos agroindustriais por diferentes métodos de Secagem. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e405997334-e405997334, 2020.

SILVA, B. K. F. **Bebida alcoólica enriquecida com suco de abacaxi pérola (*Ananas comosus*) e cenoura (*Daucus carota* L)**. 2023. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2023.

SILVA, D. O.; ALBUQUERQUE, T. N. MEDEIROS, W. P.; RODRIGUES, M. S. A.; ARAÚJO, A. S. Produção de cerveja artesanal tipo pilsen. Gomes, I. A. et al. (Org.) *Abordagens tecnológicas e sociais no Nordeste brasileiro*. v.3, Capítulo 5, p. 43-51, Editora: **GEPR- Editora e Eventos Científicos**, 2020.

SILVA, F. A. S. A.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SILVA, J. D. **Estudo da metodologia de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) na produção artesanal de cerveja: Uma revisão**. 2021. 108f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso e Química Tecnológica e Industrial) – Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2021.

SILVA, J. G.; ROMANO, M. L. P. C.; MUNIZ, R. C.; BEZERRA, C. S.; SILVA, N. S. Caracterização físico-química do taperebá (*Spondias mombin* L.) pertencentes a acessos nativos do município de Santarém–Pará. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

SILVA, L. S.; SILVA, F. S.; ZUNIGA, A. D. G.; Caracterização físico química e colorimétrica das polpas de cacau(*theobromacacao*)e cajá (*spondias mombin*). **Research Society and Development**, v. 11, n.1, e4211124740, 2022.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R.F. S.; GOMES, R.A.R.; OKAZAKI, M.M. **Manual de métodos de análises microbiológica de alimentos e água**. 5ª edição. São Paulo: Blucher. 2017. p.560.

SILVA, R. N. P. **Avaliação de compostos fenólicos em cervejas artesanais e sua estabilidade durante o armazenamento**. 2021. 85f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

SILVA, R. N. P.; DIAS, J. F.; KOBLITZ, M. G. B. Cervejas: relação entre estilos; compostos fenólicos e capacidade antioxidante. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e42210313471-e42210313471, 2021.

SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; NASCIMENTO, A. P. S.; ALMEIDA, R. L, J. **Obtenção e caracterização físico química da farinha de beterraba em diferentes temperaturas**. Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação, p. 73. Vol 2. n.1. Universidade Federal deCampina Grande. 2019.

SILVA, V. M.A.; ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; MUNIZ, C. E. S.; BARROS, E. R.; MOREIRA, F. I. N; CABRAL, M. B.; NASCIMENTO, A. R. B.; SOUZA, E. S. Predição de modelos matemáticos sobre a cinética de secagem de nozes (*Juglans regia* L.) sem casca. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e522974390-e522974390, 2020.

SIQUEIRA, I. R.; CASTRILLON, M. S.; PIRES, K. M.; JACQUES, A. C.; MOURA, C. M. Elaboração de farinha a partir de resíduo cervejeiro. In: Produção animal e vegetal: Inovações e atualidades, v.2, 1.ed., Jardim do Seridó, RN: **Agron Food Academy**, 2022. p. 866–873.

SIQUEIRA, J. E.; QUAST, E. Uso do bagaço de malte para a alimentação humana. **XIII Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica**, 2023.

SOARES, D.J.; NETO, L.G.M.; JÚNIOR, E.M.F.; ALVES, V.R.; COSTA, Z.R.T.; SILVA, E.M.; NASCIMENTO, A.D.P. Desenvolvimento e caracterização de um shake produzido a partir de resíduos de frutos tropicais Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, e140942986, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2986>

SINGH B.; SINGH J.P.; KAUR A.; SINGH N. Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. **Food Research International**, v. 101, p. 1-16, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.026>

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

SOUSA, A. P. M.; CAMPOS, A. R. N.; GOMES, J. P; COSTA, J. D.; MACEDO, A. D. B.; SANTANA, R. A. C. Cinética de secagem de resíduos de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e31510212610-e31510212610, 2021.

SOUSA, A. S.; SILVA, J. A. O.; ARAGÃO, G. S.; JUNIOR, J. R. S.; REIS, M. F. T. SOUZA, D. S. Desenvolvimento de cerveja artesanal utilizando polpa de fruta-pão desidratada como adjunto de malte. **V Encontro Nacional da Agroindústria**, Bananeiras/PB, 2019.

SOUSA, L.V. S. Avaliação do aspecto físico-químico de polpas de frutas comercializadas no estado do Ceará e sua conformidade com os padrões de identidade e qualidade vigente no Brasil. 2019. 35f. **Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Química com Habilitação Industrial)** - Universidade Federal do Ceará-UFC, Fortaleza-CE, 2019.

SOUZA, F. P. **Coquetéis inovadores: Avaliação físico-química, sensorial e estudo da estabilidade durante o armazenamento**. 2022. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Jequitinhonha, 2022.

SOUZA, R. S.; FAVERO, D. M. Correlação entre a redução da carga Microbiológica e a inativação da enzima invertase na etapa de pasteurização da cerveja. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v. 2, n. 1, 15, jan./jun., 2017.

STERCZYŃSKA, M.; STACHNIK, M.; POREDA, A.; PUŻYŃSKA, K.; PIEPIÓRKA-STEPUK, J.; FIUTAK, G.; JAKUBOWSKI, M. Ionic composition of beer worts produced with selected unmalted grains. **LWT**, v. 137, p. 110348, 2021.

STOJCESKA, V. **Chapter 15 -Brewer's Spent Grain From By-Product to Health: A Rich Source of Functional Ingredients**. Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention (Second Edition), Editor(s): Victor R. Preedy, Ronald Ross Watson, Academic Press, Pages 189-198, 2019.

SWAIN; N.T. HILLS, W.E. The phenolic constituents of *Pennisetum domesticum*. A quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.19, p.63-68, 1959.

TEIXEIRA, Â. M.; SÉKULA, N.; MULLER, B.; BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M. Avaliação físico-química e sensorial de pães com diferentes proporções de farinha de bagaço de malte de cevada como fonte de fibra. **Ambiência**, v. 14, n. 3, p. 439-448, 2018.

TEIXEIRA, F.; SANTOS, M.M.R.; CANDIDO, C.J.; SANTOS, E.F. dos; NOVELLO, D. Cookies adicionados de farinha da casca de beterraba: Análise físicoquímica e sensorial entre crianças. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 15, n. 1, p. 472-488, jan./jul. 2017.

TELES, T. B.; LUIZ, M. R.; TOMAZ, J. L. F.; ALMEIDA, M. M.; SOUZA, N. C.; LIMA, C. V. A.; OLIVEIRA, T. S. Avaliação do processo de secagem de resíduo de malte. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 2, p. 7698-7712, 2023.

TIZZIANI, I. M. Avaliação da secagem do bagaço de malte para aplicação como biossorvente. 2021. 69f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)** - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão-PR, 2021.

TORRES, L. C. P.; MOURA, R. C.; AGUIAR, R. O.; SANTOS, D. B.; SANTOS, M. A. S.; MARTINS, L. H. S.; BERNARDINO, P. D. L. S.; SILVA, P. A. Avaliação da qualidade de polpas de frutas congeladas comercializadas na Região de Carajás-PA. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, e7149108779, 2020.

TOZETTO, L. M.; NASCIMENTO, R. F.; OLIVEIRA, M. H.; VAN BEIK, J.; CANTERI, M. H. G. Production and physicochemical characterization of craft beer with ginger (*Zingiber officinale*). **Food Sci. Technol**, v. 39, n. 4, p. 962-970, 2019.

VALENTIM, S. S.; FONSECA, A. A. O; SILVA, S.M. P. C. Elaboração e avaliação da estabilidade de cerveja artesanal utilizando o umbu-cajá (*Spondias bahiensis*) e canela na maturação. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 1, p. 114-136, 2021.

VALENTONI, A.; SANTORU, A.; SANNA, M.; FANARI, M.; PORCU, M. C.; FADDA, A.; SANNA, D.; PRETTI, L. Evolution of sensory analysis attributes and volatile aging markers in bottle fermented craft beers during storage at different temperatures. **Food Chemistry Advances**, v. 1, n. 1001051, p. 1-8, 2022.

VASCONCELOS, N. M.; PINTO, G.A.S.; ARAGAO, F. A. S. **Determinação de açúcares redutores pelo ácido 3,5-dinitrosalicílico: histórico do desenvolvimento do método e estabelecimento de um protocolo para o laboratório de bioprocessos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 87).

VIANA, R. A. **Métodos de controlo de qualidade nas diferentes etapas de produção de cervejas artesanais**. 2021. 66f. Dissertação (Mestrado em Aplicações em Biotecnologia e Biologia Sintética) - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2021.

VIEIRA, F. J. A. **Desenvolvimento de embalagem biodegradável ativa contendo extrato de bagaço de malte e sua aplicação em queijo tipo prato fatiado**. 2022. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa-PR, 2022.

VIEIRA, J. S. C.; CAVALCANTE, D. S.; CASTRO, W. S.; SOUSA, J. A.; MAGALHÃES, A. N.; RODRIGUES, M.R.M.; OLIVEIRA, A. M. R.; REIS, A.C.; RODRIGUES, D. S.; SILVA, A. J. S. Avaliação microbiológica de cervejas artesanais de alta fermentação. **In: 59º Congresso Brasileiro de Química**, 2019, João Pessoa. Anais..., João Pessoa: CBQ, 2019.

VIEIRA, M. C. **Upcycling do resíduo cervejeiro: obtenção de um hidrolisado proteico com peptídeos bioativos**. 2021. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre -RS, 2021.

VIEIRA, P. K. R. Elaboração de energético sabor taperebá (*Spondias Mombin* L.). 2019. 28f. **Trabalho de Conclusão do Curso (Tecnólogo em Processos Químicos)** - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus-AM, 2019.

VILELA, A. F.; OLIVEIRA, M. S.; SANTOS, M. S. A.; VERÍSSIMO, R. R.; MANGOLIM, C.S.; SILVA, F. F. F.; SANTOS, D. S. Parâmetros fermentativos, análise físico-química e

sensorial de cerveja adicionada de mel de abelha. In: Inovações em ciência e tecnologia de alimentos -**VIII ENAG E CITAG**, Bananeiras –PB, 2022.

WANNENMACHER, J., COTTERCHIO, C., SCHLUMBERGER, M., REUBER, V., GASTL, M., & BECKER, T. Technological influence on sensory stability and antioxidant activity of beers measured by ORAC and FRAP. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 14, p. 6628-6637, 2019.

WANNENMACHER, J.; COTTERCHIO, C.; SCHLUMBERGER, M.; REUBER, V.; GASTL, M.; BECKER, T. Technological influence on sensory stability and antioxidant activity of beers measured by ORAC and FRAP. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 14, p. 6628-6637, 2019.

WATERHOUSE, A. **Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine**. American Journal of Enology and Viticulture, p. 3-5, 2006.

WHITE, C. **Yeats: the practical guide to beer fermentation**. New York: Brewes Publications. 2010. 226p.

YIN, H.; DONG, J.; YU, J.; LI, Y.; DENG, Y. A novel horA genetic mediated RCA detection of beer spoilage lactobacillus. **Microbial Pathogenesis**, v. 114, p. 311-314, 2018.

ZANATTA, E. R.; SOUZA, V. M. D. S.; MENEGOLI, F. C. P. GARCIA, C. C. Cinética de secagem de maçãs Fuji (*Malus domestica*). **Revista Cultivando o Saber**, v. 16, p. 104-119, 2023.

ZHANG, X.; WU, H.; CHEN, L.; LIU, L.; WAN, X. Maintenance of mesophyll potassium and regulation of plasma membrane H⁺-ATPase are associated with physiological responses of tea plants to drought and subsequent rehydration. **The Crop Journal**, v. 6, n. 6, p. 611-620, 2018.