



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
CURSO DE BACHARELADO EM AGROINDÚSTRIA

RAONNE ROBERTO VERÍSSIMO DA SILVA

PERFIL DE VOLÁTEIS, FENÓLICOS TOTAIS E POTENCIAL
ANTIOXIDANTE DE CERVEJA ADICIONADA DE INSETO
COMESTÍVEL

BANANEIRAS – PB

2023

RAONNE ROBERTO VERÍSSIMO DA SILVA

**PERFIL DE VOLÁTEIS, FENÓLICOS TOTAIS E POTENCIAL
ANTIOXIDANTE DE CERVEJA ADICIONADA DE INSETO
COMESTÍVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado á
coordenação do Curso de Bacharelado em
Agroindústria da Universidade Federal da
Paraíba, em cumprimento às exigências para a
obtenção do título de Bacharel em Agroindústria.

Área de concentração: Ciência e Tecnologia
de Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Anderson Ferreira Vilela

Coorientador: Msc. Samarone Xavier da Silva

BANANEIRAS – PB

2023

Catálogo na publicação Seção de

S586p Silva, Raonne Roberto Verissimo da.

Perfil de voláteis, fenólicos totais e potencial antioxidante de cerveja
adicionada de inseto comestível

/ Raonne Roberto Verissimo da Silva. - Bananeiras, 2023.

38 f. : il.

Orientação: Anderson Ferreira.TCC

(Graduação) - UFPB/CCHSA.

1. Cromatografia. 2. Entomofagia. 3. Tenébrionídeo. I. Ferreira,
Anderson. II. Título.

UFPB/CCHSA-

CDU 63 (042)

Catálogo e Classificação

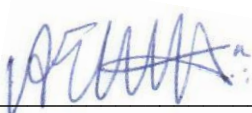
Elaborado por MARIA ESTELA ALVES COSTA - CRB-15/1004

RONNE ROBERTO VERÍSSIMO DA SILVA

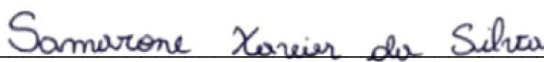
**PERFIL DE VOLÁTEIS, FENÓLICOS TOTAIS E POTENCIAL
ANTIOXIDANTE DE CERVEJA ADICIONADA DE INSETO
COMESTÍVEL**

Resultado: Aprovado (nota 8,8) Data: 03/11/2023

Comissão Examinadora



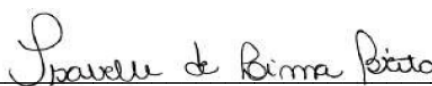
Prof. Dr. Anderson Ferreira Vilela – DGTA/CCHSA/UFPB
Orientador



MSc. Samarone Xavier da Silva – FEA/UNICAMP
Coorientador

Documento assinado digitalmente
 **FABIO ANDERSON PEREIRA DA SILVA**
Data: 06/11/2023 14:48:18-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Anderson Pereira da Silva – DGTA/CCHSA/UFPB
Examinador I



Profª. Dra. Isabelle De Lima Brito – DGTA/CCHSA/UFPB
Examinador II

BANANEIRAS – PB

AGRADECIMENTOS

Com coração cheio de gratidão, em primeiro lugar, quero agradecer a Deus por me guiar e me dar força ao longo de toda essa jornada;

À minha família, em especial aos meus pais, Maria Ledisleusa Da Silva e Renato Veríssimo Da Silva, em especial minha querida avó Severina Veríssimo, por sempre me inspirar e acreditar em mim, quero expressar minha profunda gratidão. Seu amor, apoio incondicional e sacrifícios ao longo dos anos. Sem a confiança que depositaram em mim, nada disso seria possível;

Ao meu orientador, Professor Dr. Anderson ferreira vilela, que foi mentor e amigo ao longo desta jornada, agradeço por sua paciência, orientação e apoio constante. Suas valiosas orientações e ensinamentos moldaram a minha trajetória no meu crescimento acadêmico;

Por fim, aos meus colegas de curso, quero agradecer pela camaradagem, apoio mútuo e amizades que cultivamos ao longo dos anos. Juntos, enfrentamos desafios, celebramos conquistas e construímos memórias que levarei comigo para o resto da vida.

Com sincera gratidão,

RESUMO

A cerveja é uma das bebidas mais consumidas no mundo, com uma produção anual de aproximadamente 180 milhões de toneladas. O mercado cervejeiro tem apresentado um crescimento exponencial, com mais de 1500 estabelecimentos registrados, apenas no Brasil. Nesse cenário de crescimento constante e investimentos, uma das principais preocupações da indústria cervejeira é produzir cervejas que sejam amplamente aceitas pelo público consumidor e que mantenham suas características até o momento do consumo. Por tanto, a inovação desempenha um papel fundamental na garantia da sustentabilidade e na expansão da presença de um produto no mercado. Nesse contexto, buscamos uma alternativa para enriquecer uma cerveja do estilo *Cream Ale*, adicionando de farinha da larva do tenébrio gigante. O objetivo do trabalho foi analisar as propriedades das cervejas com a adição da farinha da larva do tenébrio, a fim de identificar, classificar e quantificar as principais substâncias voláteis presentes e compará-las com uma cerveja do mesmo estilo sem a adição da farinha. Para realização deste estudo foram desenvolvidas três formulações utilizando o software cervejeiro BeerSmith®: sendo uma formulação padrão e duas formulações com adição de 2,5 e 5% da farinha da larva do tenébrio gigante, representadas por FP, F1 e F2. Foram realizadas análises para o perfil de compostos voláteis, teor de fenólicos totais e a capacidade antioxidante. Nas análises das amostras, foram identificados 81 tipos diferentes de compostos voláteis, divididos em 9 classes: ácidos, álcoois, aldeídos, ésteres, cetonas, outros, fenóis, pirazinas e terpenos. A amostra FP continha um total de 584,63 mg/L dessas substâncias voláteis. Já a amostra F1 apresentou um valor ligeiramente maior, com 650,82 mg/L. Por fim, a amostra F2 apresentou o maior valor entre as três, com um total de 1163,35 mg/L de compostos voláteis. Os teores de compostos fenólicos totais variaram entre 0,225 a 0,090 mg de ácido gálico/ mL de cerveja nas amostras, tendo a FP, como a maior quantidade de fenólicos totais e a amostra F2 portando a menor quantidade de fenólicos totais, observou-se diferença significativa no conteúdo de fenólicos totais, a amostra FP, que não inclui farinha da larva de tenébrio gigante, apresenta um teor antioxidante consideravelmente mais elevado 7234,41mg/l em comparação com as amostras F1 e F2, 4979,94 mg/l e 2026,20 mg/l. Considerando os resultados obtidos, conclui-se que adição de 2,5% de farinha de inseto reduziu a concentração de sete das oito classes de compostos voláteis nas cervejas, enquanto a adição de 5% de farinha reduziu apenas quatro. Ésteres, álcoois e ácidos foram as classes mais concentradas. Em termos de quantidade de compostos, ésteres predominaram, seguidos por terpenos e álcoois, A inclusão de farinha de larva do tenébrio gigante também reduziu os compostos fenólicos e os antioxidantes.

Palavras-chave: Cromatografia; Entomofagia; Tenébrio gigante; Propriedade bioativa; *Zophobas morio*.

ABSTRACT

Beer is one of the most consumed beverages globally, with an annual production of approximately 180 million tons. The beer market has shown exponential growth, with over 1,500 registered establishments in Brazil alone. In this context of constant growth and investment, a key concern for the beer industry is to produce widely accepted beers that maintain their characteristics until consumption. Therefore, innovation plays a fundamental role in ensuring sustainability and expanding a product's presence in the market. In this context, we sought an alternative to enhance a Cream Ale-style beer by adding giant mealworm larvae flour. The objective of the study was to analyze the properties of beers with the addition of giant mealworm larvae flour to identify, classify, and quantify the main volatile substances present and compare them to a beer of the same style without the flour addition. To conduct this study, three formulations were developed using the BeerSmith® brewing software: one standard formulation and two formulations with the addition of 2.5% and 5% of giant mealworm larvae flour, represented as FP, F1, and F2. Analyses were performed for the volatile compound profile, total phenolic content, and antioxidant capacity. In the sample analyses, 81 different types of volatile compounds were identified, divided into 9 classes: acids, alcohols, aldehydes, esters, ketones, others, phenols, pyrazines, and terpenes. Sample FP contained a total of 584.63 mg/L of these volatile substances. Sample F1 had a slightly higher value, with 650.82 mg/L. Finally, sample F2 had the highest value among the three, with a total of 1163.35 mg/L of volatile compounds. Total phenolic compound levels ranged from 0.225 to 0.090 mg of gallic acid/mL of beer in the samples, with FP having the highest amount of total phenolics and sample F2 having the lowest amount. A significant difference in the total phenolic content was observed, with sample FP, which does not include giant mealworm larvae flour, exhibiting a considerably higher antioxidant content of 7234.41 mg/l compared to samples F1 and F2, which had 4979.94 mg/l and 2026.20 mg/l, respectively. Considering the results obtained, it can be concluded that the addition of 2.5% insect flour reduced the concentration of seven out of eight classes of volatile compounds in the beers, while the addition of 5% flour reduced only four. Esters, alcohols, and acids were the most concentrated classes. In terms of compound quantity, esters predominated, followed by terpenes and alcohols. The inclusion of giant mealworm larvae flours also reduced phenolic compounds and antioxidants.

Keywords: Chromatography; Entomophagy; Giant mealworm; Bioactive property; *Zophobas morio*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ingredientes e formulações utilizados para a produção das cervejas	16
Tabela 2: Codificação das amostras das cervejas padrão e adicionada de farinha da larva do tenébrio gigante	17
Tabela 3: Perfil dos compostos voláteis das cervejas	20
Tabela 4: Quantificação de compostos voláteis nas cervejas	24
Tabela 5: Teor de fenólicos totais e antioxidantes presente nas cervejas	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	10
2.1	OBJETIVO GERAL	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1	CERVEJA	11
3.2	ENTOMOFAGIA	12
3.4	CROMATOGRAFIA	14
4	METODOLOGIA	16
4.1	MATERIAL	16
4.2	OBTENÇÃO DA FARINHA DA LARVA DE TENÉBRIO GIGANTE	16
4.3	PRODUÇÃO DAS CERVEJAS	16
4.4	DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS	17
4.5	DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS	18
4.6	DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE	19
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1	PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS	20
5.2	COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE	25
6	CONCLUSÃO	28
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é uma das bebidas mais consumidas no mundo, sendo produzido anualmente cerca de 180 milhões de toneladas da bebida. A China é a maior produtora de cerveja do mundo, produzindo 49,8 milhões toneladas, seguida dos Estados Unidos da América, com produção estimada de 22,6 milhões toneladas, e do Brasil, que está na terceira posição, com uma produção estipulada em 14 milhões toneladas (Atlasbig, 2023).

O crescimento do mercado cervejeiro vem sendo observado ao longo dos anos, e de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 180 novas cervejarias foram registradas em 2022. Com estes números, o Brasil alcançou a marca de 1.729 estabelecimentos registrados em todo o país, o que representa um aumento de 11,62% em relação ao ano anterior (1.549). Parte deste crescimento está relacionado às novas tendências de consumo, com destaque para o aumento das cervejarias artesanais (Brasil, 2023).

Diante de um quadro de constante crescimento e investimentos, uma das principais preocupações da indústria cervejeira é produzir uma cerveja que tenha grande aceitação diante do público consumidor e que mantenha suas características até o momento do consumo. Por tanto, espera-se que a cerveja mantenha cor e brilho originais, estabilidade microbiológica, estabilidade de espuma e estabilidade sensorial, visto que, a aceitação e a ingestão de um alimento está diretamente relacionada com a resposta dos sentidos, em conjunto com à aparência, textura, sabor, aroma e gosto (Biazon, 2008).

A inovação desempenha um papel fundamental na garantia da sustentabilidade e expansão da presença de um produto no mercado, inclusive no setor de bebidas. No caso específico dos consumidores de cerveja, a busca por opções distintas tem crescido significativamente. Especialmente aquelas que não apenas oferecem diferenciação, mas também incorporam benefícios para a saúde e o meio ambiente (Nardini, 2020).

Nesse cenário, destaca-se o crescente interesse por fontes alternativas de alimentos, onde os insetos emergem como uma promissora e rica fonte nutricional. Sua notável composição nutricional tem evidenciado elevado potencial de uso dessa matéria prima para atender às demandas por saúde e sustentabilidade (Teixeira; Padilha, 2021; Poma *et al.*, 2021).

Os insetos fazem parte do grupo animal mais abundante da terra e desempenham diversos papéis na manutenção dos ecossistemas, assim como fontes diretas de alimento para animais e seres humanos (Freitas; Milkiewicz, 2019). O hábito de consumir insetos ou seus produtos derivados é denominado entomofagia, uma prática que faz parte da história da evolução humana e de algumas culturas do mundo, principalmente na Ásia, América Latina e África (Matos; Novelli; Castro, 2021). É uma fonte alternativa de proteína considerada de grande interesse para a pesquisa científica (Castro *et al.* 2018; Gullan; Cranstons, 2014).

O Tenébrio gigante (*Zophobas morio*), é uma espécie de inseto que tem emergido como uma figura proeminente no campo do desenvolvimento de produtos alimentares, destacando-se principalmente devido à sua larva, que apresenta uma composição nutricional rica em proteínas, compostos bioativos, quitina e lipídios, tornando-a uma fonte valiosa de nutrientes (Gkinali *et al.*, 2022).

No processo de produção da cerveja, incluindo as artesanais, diversos compostos químicos são formados, devido às interações entre os seus componentes. Estes compostos, originados em diferentes etapas do processo de fabricação, principalmente na fermentação, contribuem significativamente na definição das propriedades sensoriais da bebida (Nespor *et al.*, 2018).

O aroma específico de uma cerveja é uma complexa combinação de compostos voláteis e não voláteis, muitos dos quais têm sua origem nas matérias-primas empregadas durante o processo de fabricação dessa bebida (Tsuji, 2010), enquanto outros são formados durante a maturação da cerveja (Malfliet *et al.*, 2008).

Os aromas e sabores das cervejas estão ligados a variados grupos químicos, incluindo diversos aromáticos e alifáticos, álcoois superiores, ácidos orgânicos, hidrocarbonetos, ésteres, aldeídos, cetonas, substâncias terpênicas e outras (Silva *et al.*, 2008; Wannenmacher *et al.*, 2018).

Com base na influência direta e indireta do aroma na qualidade da cerveja, esta pesquisa se propôs a identificar os compostos voláteis presentes na cerveja do tipo *Cream Ale* adicionadas de farinha da larva do tenébrio gigante. O objetivo é aprofundar a compreensão dos aromas e das características distintivas que esses insetos podem conferir à bebida.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Compreender a influência da introdução de farinha de larva de tenébrio gigante na produção de cerveja.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar uma cerveja adicionada de farinha de tenébrio na sua composição;
- Identificar as principais substâncias voláteis presentes na cerveja com e sem farinha de inseto;
- Quantificar as substâncias voláteis das cervejas com e sem farinha de inseto;
- Quantificar o teor de fenólicos totais das cervejas produzidas;
- Avaliar a capacidade antioxidante *in vitro* das cervejas produzidas;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CERVEJA

A cerveja é uma bebida alcoólica, cuja produção se dá a partir da fermentação de cereais maltados. Sua fórmula original contém como ingredientes principais o malte de cevada, água potável, lúpulo e levedura, sendo que outros cereais, classificados como adjuntos cervejeiros, podem ser acrescentados na formulação substituindo parte do malte de cevada em até 45%, em massa. Em alguns tipos de cervejas, a exemplo das artesanais, ingredientes tais como frutas, sucos de frutas, condimentos e outros, podem ser adicionados à bebida, desde que, não alterem a composição original da mesma (Brasil, 2019).

A cevada é convertida em malte por meio do processo de maltagem. Esse processo envolve a germinação do grão sob condições de temperatura, umidade e aeração controladas. O objetivo é ativar enzimas específicas que são necessárias para a quebra do amido e outros polissacarídeos presentes na cevada. Essa etapa é interrompida por meio da secagem dos grãos (Almeida; Silva, 2005; Venturini Filho, 2000).

A água desempenha um papel essencial na produção de cerveja, constituindo cerca de 92% da bebida, sendo sua qualidade considerada de extrema importância para o processo. Assim, a água utilizada deve ser potável, livre de odores, cores e microrganismos patógenos. Além disso, a água deve possuir características físico-químicas específicas, como um pH apropriado entre 6,5 e 7,0, podendo variar conforme o tipo de cerveja, e a presença adequada de sais minerais, especialmente cálcio (Freire, 2018; Venturini Filho, 2000).

O lúpulo (*Humulus lupulus*) pertence à família Cannabinaceae, é uma planta dióica (apresenta flores masculinas e femininas). As flores femininas e os frutos são ricos em glândulas amarelas, contendo lupulina (resinas, óleos essenciais, etc.), responsáveis pelo aroma e amargor das cervejas e contribui também para a estabilidade do sabor e da espuma da bebida. Durante o cozimento do mosto, o lúpulo libera resinas que conferem o sabor amargo da cerveja (Aquarone, 2001).

No processo de produção de cerveja, leveduras do gênero *Saccharomyces*, como *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces uvarum*, são empregadas. Elas desempenham a função de converter diversos açúcares (como glicose, frutose, sacarose, maltose e maltotriose) em etanol e dióxido de carbono. Isso ocorre graças à presença de

enzimas, incluindo aquelas envolvidas na via glicolítica, como a piruvato descarboxilase e a álcool desidrogenase. Essas enzimas promovem uma série de reações que transformam os açúcares em etanol e dióxido de carbono, liberando energia no processo. Essas leveduras são microrganismos unicelulares cruciais para o processo de fermentação na produção de cerveja (Freire, 2018; Lima; Filho, 2011).

A cerveja pode ser adicionada de ingrediente de origem vegetal ou animal, de coadjuvante de tecnologia e de aditivo a serem regulamentados em atos específicos. No entanto, os adjuntos cervejeiros previstos no caput e qualquer outro ingrediente adicionado à cerveja deverão integrar a lista de ingredientes do rótulo do produto (BRASIL, 2019).

3.2 ENTOMOFAGIA

O uso de insetos na alimentação humana é conhecido como entomofagia, (do grego “entomon” significa insetos e “fagia” significa alimentar-se) (Romeiro, 2015). A prática da entomofagia ainda não é amplamente adotada nos países ocidentais, em grande parte devido à aversão a novos alimentos (neofobia alimentar) e à percepção de que os insetos têm menos apelo sensorial em comparação à carne. No entanto, está ganhando cada vez mais relevância em escala global devido aos inúmeros benefícios que oferece tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana (Megido *et al.*, 2016)

Segundo Forattini (1964), no Brasil, a cultura de comer insetos tem origem nos povos indígenas. São relatados registros desde a colonização, onde segundo José de Anchieta em suas cartas, ressalta propriedades nutricionais do abdômen de içás e certas larvas que nasciam entre os taquaras, em que os índios comiam assado, torrado ou faziam ensopado, semelhantes a carne de porco. Mas ainda é considerado tabu por grande parte da população, gerando repúdio e aversão. Isso ocorre mesmo apesar dos benefícios já comprovados (Morai, 2016; Ramos - Elorduy, 2007).

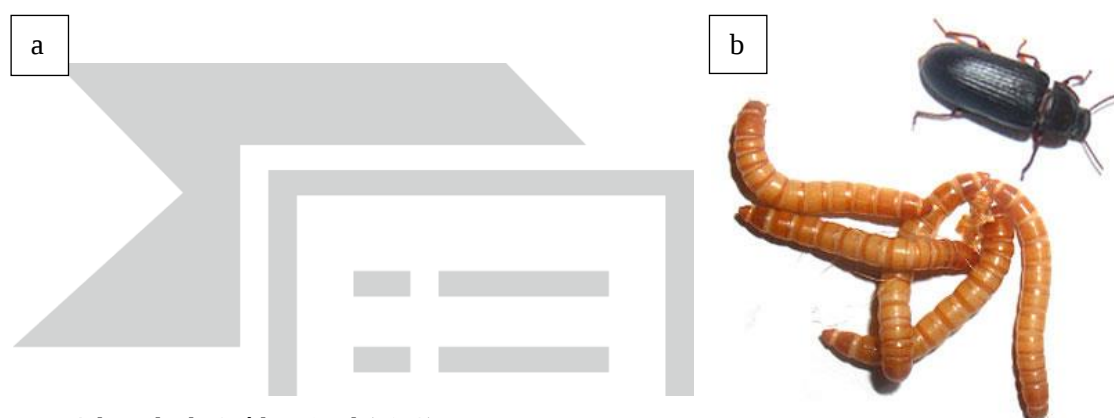
Uma das vantagens mais notáveis da entomofagia é o excepcional valor nutricional dos insetos comestíveis. Eles são ricos em proteínas, gorduras poli-insaturadas, vitaminas, fibras e minerais. No que se refere aos macronutrientes, os insetos comestíveis são destacados por sua elevada concentração de proteínas, superando proporcionalmente até mesmo fontes convencionais de alimentos de origem animal e vegetal (Nascimento, 2020; Huis *et al.*, 2013).

Os insetos estão sendo cada vez mais adotados como uma alternativa de proteína na dieta de animais. Isso se deve ao seu valor nutricional significativo e às vantagens inerentes ao processo de produção, que incluem baixo impacto ambiental e a necessidade de um espaço reduzido para a criação (Premalatha *et al.*, 2011; Rumpold; Schlüter, 2013).

3.3 TENÉBRIO GIGANTE (*Zophobas morio*)

O Tenébrio gigante é uma espécie de besouro neotropical de grande porte, pertencente à família dos besouros escuros, o inseto, originário da América do Sul e do Norte, pode viver até 1 ano na fase larval, o animal pode medir entre 4 e 5 centímetros de comprimento. Comumente criado como alimento de aves, répteis e peixes, esse animal é classificado como uma praga agrícola devido à sua alimentação à base de frutas e cereais, sendo encontrado em ambientes secos, como armazéns, moinhos e depósitos de cereais e grãos (Ramos-Elorduy, 2009).

Figura 1. Tenébrio gigante (*Zophobas morio*).



Fonte: Adaptado de Saúde animal (2023).

Legenda: a: Larva de tenébrio gigante; b: larva e inseto adulto de tenébrio gigante

O tenébrio gigante se destaca como um dos insetos mais cultivados no mundo oriental, caracterizado por sua capacidade de ocupar um espaço mínimo e não requerer equipamentos complexos. Na China o tenébrio já está sendo criado em escala industrial, sendo vendidos em tamanhos comuns e gigantes, vivos, secos, enlatados e em pó para animais e para o consumo humano (Benevenuto *et al.*, 2020).

A larva de tenébrio gigante apresenta conteúdo significativo de proteína bruta (entre 47% e 60%) e lipídios (entre 30% e 43%) na matéria seca. Quando fresca, essa larva contém aproximadamente de 60 - 70% de água e sua transformação em farinha

revela um perfil rico em aminoácidos essenciais e um perfil lipídico interessante, com níveis elevados de ácidos graxos mono e polinsaturados. Dessa forma, o Tenébrio gigante se destaca por suas exigências mínimas de recursos alimentares, água e energia durante o processo de criação, o que o torna uma opção promissora no cenário alimentar atual (Nascimento Filho, 2020).

De acordo com o estudo de Costa (2021), de maneira geral, os participantes revelaram uma atitude positiva em relação à percepção e ao consumo de insetos comestíveis ou de produtos que os contenham. A análise do perfil dos entrevistados indica que, em sua maioria, os homens demonstram maior inclinação para consumir alimentos que incorporam insetos em sua formulação do que as mulheres. É notável a preferência predominante pelo consumo dos insetos na forma de farinha.

3.4 CROMATOGRAFIA

A cromatografia gasosa é um processo de separação em que a fase móvel é um gás, e a fase estacionária é um sólido (cromatografia gás-sólido) ou um líquido (cromatografia gás-líquido). Na cromatografia gás-líquido, temos um gás passando por uma coluna com um líquido de alta viscosidade revestindo as suas paredes internas (Ronaldo *et al.*, 2018).

A cromatografia de fase gasosa (GC) é uma técnica analítica utilizada para separar compostos voláteis de uma amostra, assim possibilitando a sua identificação. Nesse processo, a amostra é volatilizada e injetada em uma coluna cromatográfica. A eluição dos componentes da amostra é realizada por meio de um gás inerte, que atua como a fase móvel. A fase móvel não interage com os compostos da amostra, servindo apenas para transportá-los através da coluna (Holler, 2005; Zini 2019).

A cromatografia gasosa se destacou e se desenvolveu devido à sua capacidade de efetuar análises quantitativas de forma rápida e precisa, especialmente na detecção de compostos orgânicos em concentrações diminutas dentro de várias amostras. Esse avanço se deu devido à sua aptidão para lidar com matrizes complexas, que frequentemente passam por procedimentos de extração diferenciadas. Consequentemente, essa técnica tornou-se crucial tanto na pesquisa científica fundamental quanto em diversas aplicações industriais (Ligiero, 2009).

A análise de amostras complexas muitas vezes exige processos de extração prévios para isolar os compostos de interesse. A cromatografia gasosa, ao permitir a

detecção sensível e quantitativa de substâncias voláteis, se tornou um método central para analisar esses compostos após o processo de extração. Sua habilidade em identificar e quantificar rapidamente uma ampla gama de compostos orgânicos tornou-a essencial para muitos campos da pesquisa e indústria (Biazon, 2008; Pedroso, 2009; Sequinel, 2010).

3.5 FLAVOUR

Os aromas e sabores, também conhecidos como *flavour*, desempenham um papel significativo na complexidade e no caráter da cerveja. Os compostos presentes na bebida podem contribuir para sabores desejáveis quanto, em alguns casos, indesejáveis. Eles estão presentes em diferentes concentrações e contribuem na experiência sensorial que cada cerveja estilo de oferece (Ma *et al.*, 2016).

Compostos de sabor podem se originar de diversas fontes e manifestar-se em diferentes fases do processo de produção da cerveja. Essa origem pode incluir a seleção dos ingredientes básicos, como malte e lúpulo, que são intencionalmente escolhidos para enriquecer a cerveja com sabores e aromas distintivos. Além disso, esses compostos também podem ser influenciados pelas condições de armazenamento, como temperatura e tempo, bem como pelas variáveis nas etapas cruciais de mosturação, fermentação e maturação. Até mesmo os materiais utilizados nos equipamentos de produção e envase podem desempenhar um papel na composição dos sabores e aromas finais da cerveja (Trovato *et al.*, 2021).

O *flavour* da cerveja é complexo e representa um balanço de compostos químicos introduzidos pelas matérias-primas ou formados durante o processo de fabricação e estocagem. A análise da fração volátil presente na cerveja torna-se então um ponto importante no controle de qualidade das cervejarias, pois estes compostos estão diretamente relacionados à percepção final do consumidor em relação ao produto (Biazon, 2008).

4 METODOLOGIA

4.1 MATERIAL

Para as formulações das cervejas foram utilizados os ingredientes listados na Tabela 1. Os maltes, o lúpulo e o fermento foram adquiridos em brew shop da cidade de Recife-PE, a aveia em flocos no mercado local de Bananeiras-PB, a água foi disponibilizada pelo laboratório da universidade, a larva do tenébrio gigante desidratada, foi adquirida congelada de um fornecedor comercial e regular da cidade do Recife-PE

Tabela 1. Ingredientes e formulações utilizados para a produção das cervejas

INGREDIENTES	FORMULAÇÕES		
	FP	F1	F2
Malte Pilsen	1.600 g	-	-
Malte Pale Ale	1.600 g	-	-
Farinha da larva de tenébrio gigante (<i>T. molitor</i>)	-	40g	80g
Aveia em flocos	0,25 g	-	-
Água mineral (Mostura)	18 L	-	-
Água mineral (Lavagem)	12,2 L	-	-
Lúpulo Columbus	7,6 g	-	-
Fermento Safale (US-05)	11,5g	-	-

FP = Cerveja padrão; F1 = Cerveja com 2,5% de farinha da larva de tenébrio gigante; F2 = cerveja com 5% de farinha da larva de tenébrio gigante. Percentual relativo à massa de malte Pale Ale.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 OBTENÇÃO DA FARINHA DA LARVA DE TENÉBRIO GIGANTE

As larvas do tenébrio gigante foram trituradas com o auxílio de um liquidificador doméstico e posteriormente foram peneirados em uma peneira granulométrica 2.00 mm, no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Bebidas Fermento-destiladas (LABEB) do CCHSA/UFPB do Campus III, Bananeiras-PB.

4.3 PRODUÇÃO DAS CERVEJAS

Foram desenvolvidas três formulações de cervejas do estilo *Cream Ale* (BJCP, 2021) usando software cervejeiro BeerSmith® (versão 3.2-2021). As cervejas foram produzidas conforme a metodologia proposta por Nascimento e Santos (2014).

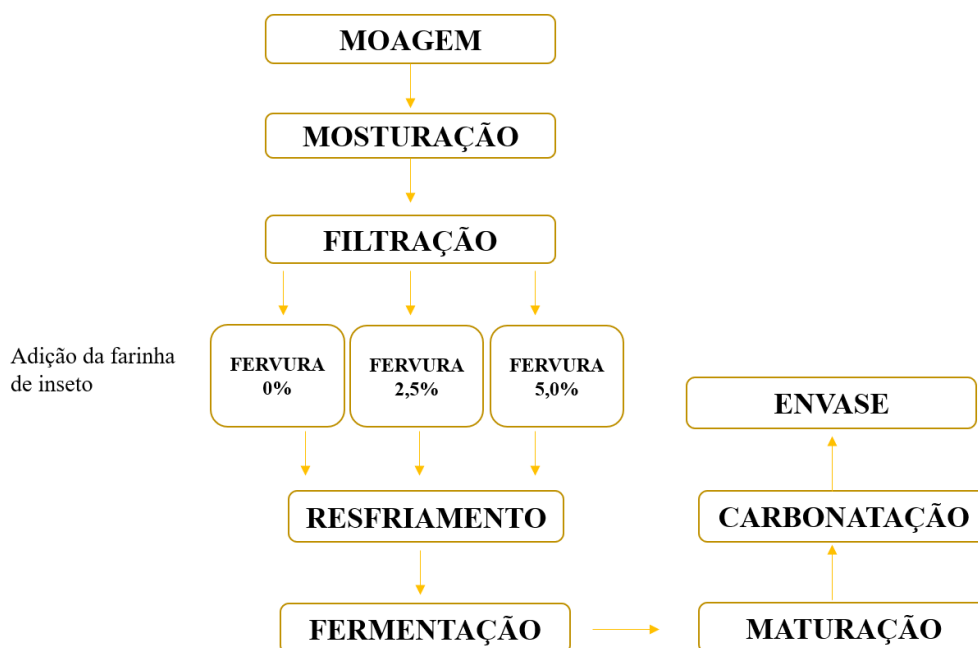
Com base em estudos preliminares da adição da farinha de tenébrio na cerveja foi estabelecido o percentual de farinha para as duas formulações, descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Codificação das formulações das cervejas

Formulação	Descrição
FP	Controle, cerveja padrão, sem adição de farinha da larva de tenébrio gigante
F1	Cerveja adicionada de 2,5% de farinha da larva de tenébrio gigante
F2	Cerveja adicionada de 5,0% de farinha da larva de tenébrio gigante

Fonte: Elaborado pelo autor.

As principais etapas da produção estão representadas na Figura 2. Foram produzidos 30 litros de mosto para as cervejas e logo após a filtração, esse mosto foi dividido em três partes iguais, ficando 10 litros para cada formulação de cerveja. Ao iniciar a etapa de fervura, a farinha foi adicionada ao seu respectivo mosto. Os percentuais de farinha da larva de tenébrio gigante adicionados ao mosto, foram relativos à massa de malte Pale Ale da formulação.

Figura 2. Fluxograma do processo produtivo das cervejas

Fonte: Adaptado de Gomes (2022).

4.4 DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS

A determinação do perfil de compostos voláteis foi realizada no LAF - Laboratório de *Flavor*, Campus I, da Universidade Federal da Paraíba, localizado em João Pessoa. A análise foi conduzida utilizando a técnica desenvolvida por Coelho *et al.* (2018). A Espectrometria de Massas (CG-MS) foi utilizada para separação, e seguindo

para identificação e classificação de componentes voláteis presentes nas amostras de cervejas padrão e na produzida com inseto comestível.

As amostras de cerveja (5 ml) foram armazenadas em frascos de vidro âmbar (20 mL, 22,5 mm × 75,5 mm, Sigma-Aldrich) e fechadas com selos de pressão (Sigma-Aldrich) para análise por GC-MS. Cada tipo de amostra teve três replica-tas e foram analisadas em ordem aleatória por GC-MS. As amostras foram incubadas a 40 °C por 10 minutos com agitação. Uma Fibra SPME 50/30 µm DVB/CAR/PDMS (Supelco, Sigma-Aldrich, Reino Unido) foi usada para extrair os compostos voláteis do espaço de cabeça da amostra (extração por 50 minutos e desorção por 10 minutos). A extração de compostos voláteis foi realizada por HS-SPMPE-CG-MS com um dispositivo SPME Supelco (Bellafonte, PA, EUA) e a análise foi realizada em triplicata.

A separação foi conduzida em uma coluna VF-5MS (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm). A temperatura da coluna foi inicialmente mantida a 40 °C por 5 minutos, aumentada em 5 °C/min para 240 °C e mantida por 5 minutos. A aquisição de dados foi concluída ao longo de 61 minutos. O modo de varredura completa foi utilizado para detectar os compostos voláteis (faixa de massa de 35 a 350 AMU). Os voláteis foram identificados pela comparação de cada espectro de massa com os espectros de compostos autênticos ou com espectros em bibliotecas de referência (NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library, versão 2.0, Faircom Corporation, EUA) através de suas taxas de retenção em comparação com os compostos conhecidos, usando injeção de n-alcenos homólogos (C8-C30). Os resultados foram expressos em abundância de área relativa de cada composto como uma porcentagem (%) da área total do pico. Todos os produtos químicos utilizados eram de grau analítico (>95% de pureza, Sigma-Aldrich, Reino Unido).

4.5 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

A determinação do teor total de fenólicos foi desenvolvida no LACE - Laboratório de Cromatografia e Espectrometria, Campus III, da Universidade Federal da Paraíba. O teor de fenólicos totais foi determinado, pelo método colorimétrico, utilizando o reagente Folin-Ciocalteau (Singleton e Rossi, 1965), com modificações. Alíquotas de 240 µl dos extratos preparados foram misturados com 60 µL do reagente de Folin-Ciocalteau, 180 µL de uma solução de carbonato de sódio a 15% e água destilada até completar o volume de 3 mL. A mistura reacional foi mantida em repouso por 2 horas, em ambiente escuro, à temperatura ambiente. Posteriormente, foi realizada a leitura em

espectrofotômetro UV-Vis (Shimadzu, modelo UV-2550) a 760 nm. Os resultados foram expressos em miligramas equivalentes de ácido gálico por mL de bebida (mg EAG/g) usando uma curva padrão de ácido gálico foi obtida, utilizando as mesmas condições

4.6 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

A determinação da capacidade antioxidante foi desenvolvida no LACE - Laboratório de Cromatografia e Espectrometria, Campus III, da Universidade Federal da Paraíba. Nesta análise, a capacidade antioxidante foi determinada pelo método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) foi baseada na capacidade de um antioxidante em reduzir o Fe^{3+} para Fe^{2+} . Seguindo a metodologia de Rufino *et al.* (2006), com modificações. Foi preparado o reagente FRAP imediatamente antes do uso com tampão acetato 300 mmol/L (pH 3.6), 2,4,6-tris (2-pyridyl) -s-triazine (TPTZ) 10 mmol/L em uma solução de HCl 40 mmol/L e FeCl_3 20 mmol/L. Foram utilizadas alíquotas de 60 μL e 90 μL dos extratos preparados, transferidas para tubos de ensaio, misturadas a 270 μL de água ultrapura e adicionadas de 2,7mL do reagente FRAP. A mistura foi homogenizada em banho a 37 °C por 30min. Posteriormente, foram resfriadas a temperatura ambiente e as absorbâncias das misturas foram lidas a 595 nm. A curva padrão foi realizada com Trolox e os resultados expressos em micromol de equivalente Trolox por mL de bebida ($\mu\text{mol ET/g}$ extrato).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS

Os perfis dos compostos voláteis das cervejas estão apresentados pela Tabela 3. Foram identificados 81 compostos voláteis, que foram divididos em 9 classes: ácidos, álcoois, aldeídos, ésteres, cetonas, fenóis, pirazinas, terpenos e outros.

A amostra FP continha um total de 584,63 mg/L de voláteis. Já a amostra F1 apresentou um valor ligeiramente maior, com 650,82 mg/L. Por fim, a amostra F2 apresentou o maior valor entre as três, com um total de 1163,35 mg/L de compostos voláteis.

Esses resultados fornecem informações sobre a composição química das amostras de cerveja analisadas, possibilitando um melhor entendimento das propriedades e características do perfil aromático e sensorial das cervejas, e podendo auxiliar no desenvolvimento de novas formulação e produtos com a adição de insetos comestíveis.

Tabela 3. Perfil dos compostos voláteis das cervejas

COMPOSTOS	FORMULAÇÕES		
Ésteres	FP (mg/L)	F1 (mg/L)	F2 (mg/L)
9-hexadecenoato de etila	9,628 ± 3,268	6,409 ± 1,003	1,811 ± 0,521
Hexadecanoato de etila	1,917 ± 0,712	2,882 ± 0,546	5,462 ± 0,745
9-octadecenoato de etila	0,078 ± 0,014	0,227 ± 0,068	ND
Dodecanoato de etila	4,426 ± 0,279	9,006 ± 0,922	20,870 ± 1,928
Acetato de dodecanol	0,130 ± 0,005	0,038 ± 0,013	0,104 ± 0,027
Dodecanoato de metila	ND	ND	0,609 ± 0,016
Decanoato de propila	0,107 ± 0,018	0,101 ± 0,004	0,258 ± 0,005
Undecanoato de etila	ND	0,458 ± 0,113	0,695 ± 0,088
Hexanoato de etila	10,116 ± 3,560	6,788 ± 0,576	11,692 ± 3,818
Acetato de isoamila	1,012 ± 0,102	1,180 ± 0,172	1,737 ± 0,768
Butanoato de etila	0,042 ± 0,009	0,056 ± 0,002	0,172 ± 0,094
2-metilheptanoato de metilo	0,321 ± 0,090	0,110 ± 0,046	0,120 ± 0,009
octanoato de etila	208,922 ± 19,843	266,420 ± 5,575	557,480 ± 26,644
Fenilacetato de etila	0,369 ± 0,050	0,277 ± 0,019	0,499 ± 0,114
Hexanoato de isopentila	0,393 ± 0,001	0,237 ± 0,037	0,306 ± 0,118
β-Acetato de feniletila	9,995 ± 0,559	9,184 ± 1,350	9,485 ± 1,755
Acetato de 2-etilhexila	0,153 ± 0,037	0,201 ± 0,057	0,168 ± 0,057
Benzoato de etila	0,309 ± 0,017	0,318 ± 0,046	0,591 ± 0,221
Geranoato de metila	2,873 ± 0,671	0,744 ± 0,100	2,034 ± 0,179
Benzoato de isobutila	0,898 ± 0,023	0,048 ± 0,005	0,080 ± 0,005
Propanoato de etilfenila	0,702 ± 0,113	0,976 ± 0,052	1,628 ± 0,191

Acetato de citronelol	0,514 ± 0,125	0,266 ± 0,031	0,295 ± 0,022
Octanoato de propila	0,502 ± 0,109	0,677 ± 0,087	1,192 ± 0,147
Nonanoato de etila	0,652 ± 0,007	0,841 ± 0,165	1,312 ± 0,259
Etil (4E) -4-decenoato	2,163 ± 0,142	1,713 ± 0,271	3,804 ± 0,125
9-decenoato de etila	69,336 ± 9,478	65,266 ± 3,222	45,185 ± 1,781
Decanoato de etila	16,125 ± 3,641	74,475 ± 1,973	172,139 ± 2,375
octanoato de isoamila	0,892 ± 0,173	1,708 ± 0,034	2,751 ± 0,016
2-octanoato de metilbutila	0,169 ± 0,071	0,509 ± 0,014	0,776 ± 0,029
Tetradecanoato de etila	0,739 ± 0,135	0,898 ± 0,170	1,522 ± 0,132
Salicilato de 2-etilhexila	ND	0,074 ± 0,012	ND
Pentadecanoato de etila	0,052 ± 0,024	0,042 ± 0,015	ND
Hexanoato de fenetila	0,155 ± 0,046	0,317 ± 0,022	0,554 ± 0,073
Terpenos			
β-cis-Ocimene	0,099 ± 0,025	0,059 ± 0,020	0,055 ± 0,022
β-Mirceno	0,300 ± 0,121	0,102 ± 0,031	0,224 ± 0,112
p-Cimeno	0,047 ± 0,021	0,016 ± 0,008	ND
Limoneno	0,228 ± 0,092	0,140 ± 0,022	0,166 ± 0,082
β-trans-Ocimene	0,104 ± 0,007	0,076 ± 0,020	0,109 ± 0,044
Linalol	2,012 ± 0,103	2,081 ± 0,088	2,733 ± 0,635
Citronelol	5,047 ± 0,200	2,152 ± 0,331	3,315 ± 0,564
Isogeraniol	0,135 ± 0,066	0,079 ± 0,006	0,131 ± 0,026
β-Famesene	0,737 ± 0,184	0,507 ± 0,086	1,717 ± 0,127
Cariofileno	0,104 ± 0,000	0,102 ± 0,011	0,218 ± 0,024
α-Farnesene	0,192 ± 0,010	0,076 ± 0,014	0,112 ± 0,013
trans-Calameneno	0,137 ± 0,027	0,038 ± 0,003	0,071 ± 0,032
α-Calacorene	0,441 ± 0,009	0,206 ± 0,022	0,347 ± 0,041
E-Nerolidol	0,510 ± 0,036	0,198 ± 0,042	0,215 ± 0,048
Cubenol	0,724 ± 0,087	0,226 ± 0,037	0,070 ± 0,018
Cadalene	0,376 ± 0,005	0,334 ± 0,073	0,552 ± 0,168
Álcoois			
3-Metil-1-butanol	22,729 ± 3,471	23,607 ± 2,306	19,013 ± 8,374
2-Metil-1-butanol	5,230 ± 1,959	10,345 ± 1,325	24,154 ± 3,072
Hexanol	0,126 ± 0,024	0,133 ± 0,008	0,238 ± 0,034
Heptanol	0,223 ± 0,078	0,234 ± 0,036	0,304 ± 0,119
1-Octen-3-ol	0,063 ± 0,009	0,043 ± 0,015	0,059 ± 0,033
2-Etil-1-hexanol	0,527 ± 0,211	0,619 ± 0,134	0,614 ± 0,294
1-Octanol	0,744 ± 0,009	0,642 ± 0,051	1,260 ± 0,371
1-Nonanol	0,114 ± 0,012	0,157 ± 0,048	0,397 ± 0,105
β-Álcool fenetílico	158,498 ± 17,261	137,398 ± 15,825	181,053 ± 37,322
1-Decanol	1,028 ± 0,071	2,010 ± 0,477	24,137 ± 2,554
1-Dodecanol	0,284 ± 0,072	0,383 ± 0,190	0,666 ± 0,083
Aldeídos			
Nonanal	6,637 ± 0,846	1,402 ± 0,103	1,136 ± 0,043
Benzaldeído	0,354 ± 0,085	0,338 ± 0,117	0,728 ± 0,039

Benzenoacetaldeído	1,053 ± 0,172	1,111 ± 0,165	4,341 ± 1,597
Undecanal	0,195 ± 0,033	0,165 ± 0,016	0,144 ± 0,035
2-Decenal	0,355 ± 0,041	0,462 ± 0,004	1,023 ± 0,201
Dodecanal	0,397 ± 0,127	1,342 ± 0,778	0,784 ± 0,217
Cetonas			
8-Nonen-2-um	0,208 ± 0,020	ND	ND
2-Nonanona	1,172 ± 0,428	0,387 ± 0,202	0,857 ± 0,213
Geranil acetona	1,301 ± 0,253	1,112 ± 0,520	0,951 ± 0,157
Isometil- α -ionona	0,135 ± 0,008	0,099 ± 0,016	0,174 ± 0,055
Ácidos carboxílicos			
Ácido decanóico	7,456 ± 0,914	1,376 ± 0,368	8,597 ± 1,804
Ácido octanóico	10,872 ± 4,236	0,535 ± 0,148	27,533 ± 0,720
Ácido 3-metilbutanoico	0,151 ± 0,031	ND	ND
Fenóis			
4-Vinilguaiacol	0,370 ± 0,120	0,912 ± 0,294	1,210 ± 0,058
2,6-Di-terc-butylbenzoquinona	1,356 ± 0,180	0,560 ± 0,161	0,780 ± 0,047
2,5-Di-terc-butylfenol	0,740 ± 0,020	0,249 ± 0,038	0,051 ± 0,000
Outros			
γ -Nonalactona	1,396 ± 0,532	0,783 ± 0,448	1,086 ± 0,085
Naftalina	0,086 ± 0,016	ND	ND
2,3,5,6-Tetrametil pirazina	0,038 ± 0,012	0,183 ± 0,108	0,547 ± 0,192
Estireno	4,666 ± 0,440	0,394 ± 0,083	1,439 ± 0,427
Éter octilo	1,245 ± 0,057	5,002 ± 0,003	4,706 ± 2,527

ND = Não detectado. FP = Cerveja padrão; F1 = Cerveja com 2,5% farinha da larva de tenébrio gigante; F2 = Cerveja com 5% farinha da larva de tenébrio gigante.

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com os resultados da Tabela 3, foram identificados 34 compostos nas amostras das cervejas. Os ésteres desempenham um papel crucial na formação do aroma e sabor das cervejas, contribuindo para sua complexidade sensorial e apelo geral. Alguns ésteres, de baixo peso molecular, se apresentam características voláteis que podem apresentar aromas e sabores característicos de frutados, florais e diversos outros perfis sensoriais que são esperados em cada estilo de cerveja. Cada éster contribui com características únicas à cerveja e pode ser usado para criar perfis aromáticos distintos (Dack *et al.*, 2017).

O composto octanoato de etila, apresentou a maior concentração entre os ésteres, seguido pelo decanoato de etila e com o terceiro mais abundante, encontrasse o dodecanoato de etila. O octanoato de etila pode conferir notas de maçã ou pera à cerveja, contribuindo para os aromas frutados e frescos segundo Damiani (2006). Observa-se que

houve um aumento progressivo na concentração dessa substância à medida que a proporção de farinha aumentava.

O decanoato de etila pode estar associado as notas de frutas tropicais, como abacaxi (Garruti *et al.*, 2003). Foi notado que a adição da farinha proporcionou um aumento de 10 vezes ao comparar a amostra FP com a F2.

Valim (2003), diz que o composto dodecanoato de etila pode conferir notas de frutas tropicais e corpo à cerveja. Observa-se um aumento da concentração do composto ao adicionar a farinha, sugerindo que o aumento na concentração de farinha da larva de inseto na formulação da cerveja está correlacionado com um aumento da quantidade de dodecanoato de etila presente, o que, por sua vez, intensifica as notas de frutas tropicais que contribuem de forma marcante para o sabor da cerveja.

Conforme pode-se observar ainda na Tabela 3, foi identificado a classe de álcoois, onde foi possível destacar o β -Álcool fenetílico, o 2-Metil-1-butanol e o 1-Decanol, compostos presentes na composição das cervejas. Observa-se ao comparar as amostras FP, F1 e F2, que a presença de farinha tem um efeito direto nos níveis desses compostos e que o aumento da concentração dela na cerveja influencia no aumento da concentração desses álcoois. Vale ressaltar que os três álcoois identificados contribuem significativamente para a qualidade da cerveja. Eles não apenas enriquecem sua composição, mas também adicionam atributos positivos, tornando-a ainda mais apreciada pelos consumidores (Lide, 1998; Mcketta 2022).

Um outro benefício notável foi a redução significativa do composto 3-Metil-1-butanol ao comparar as amostras FP e F2. A diminuição desse álcool resultou em uma experiência sensorial aprimorada, uma vez que este composto é conhecido por conferir um odor de álcool bastante intenso. Com essa redução, a cerveja agora proporcionará uma experiência sensorial mais agradável (Lide, 1998).

A incorporação da farinha da larva de tenébrio na cerveja acarretou na diminuição do aldeído. O nonanal, é um dos compostos voláteis que contribuem para o aroma e sabor. Suas características sensoriais podem variar, mas geralmente incluem notas doce, óleo de nozes e plástico (Nobre, 2015).

Foram encontrados três compostos na categoria de ácidos sendo eles, Ácido 3-metilbutanoico, ácido octanóico, ácido decanóico, porém o Ácido 3-metilbutanoico, se encontrou ausente nos tratamentos que continham inseto comestível, F1 e F2. Segundo Esslinger, 2009, a presença de um sabor de ácido em uma cerveja é geralmente ocasionada devido a níveis excessivos de ácido octanóico e ácido decanoico, o sabor

também pode ser descrito como ensaboado, ceroso ou suado, os limiares de flavor para os mesmos são geralmente tolerados entre 10 e 13 mg/L, acima desses valores os ácidos podem trazer flavor desagradáveis para a cerveja. De acordo com a Tabela 3, a formulação FP e F1, apresentam-se dentro do limite tolerado para este composto, 10,87 e 0,5 mg/L, respectivamente, porém o tratamento o F2 apresentou valores superior ao do limite tolerado para o ácido decânico (27 mg/L). Os derivados da pirazina podem ser produzidos por meio das reações de escurecimento não-enzimático, como a caramelização de açúcares por meio da ciclização, e da reação de Maillard durante a pirólise de certas substâncias amínicas, sob condições específicas entre grupos carbonila de açúcares redutores e aminoácidos livres, peptídeos ou proteínas (Sabik, 2012; Starowicz, 2019).

O composto encontrado foi a 2,3,5,6-Tetramethyl pirazina, que apresenta uma descrição de odor como chocolate doce, cacau, cozido e nozes (Yin, 2021). Na análise realizada, constatou-se que a menor quantidade do composto em questão estava presente na amostra FP, seguida pela amostra F1, enquanto a amostra F2 apresentou a maior quantidade. Observou-se uma tendência de aumento na quantidade do composto à medida que se utilizava uma maior quantidade do inseto na composição da cerveja. Esses resultados sugerem que o inseto adicionado pode ter exercido influência sobre os níveis do composto na bebida.

Tabela 4. Quantificação de compostos voláteis nas cervejas

Classes	FP		F1		F2	
	N	%	N	%	N	%
Ésteres	29	59%	32	70%	29	73%
Terpenos	16	2%	16	1%	15	1%
Álcoois	11	32%	11	27%	11	22%
Aldeídos	6	2%	6	1%	6	1%
Cetonas	4	0,5%	3	0,2%	3	0,2%
Ácidos	3	3%	2	0,3%	2	2%
Fenóis	3	0,4%	3	0,3%	3	0,2%
Outros	6	1,1%	5	0,2%	5	0,6%
Total	78	100%	78	100%	74	100%

N = número de compostos; % = percentual do composto em relação ao total identificado. FP = Cerveja padrão; F1 = Cerveja com 2,5% farinha da larva de tenébrio gigante; F2 = Cerveja com 5% farinha da larva de tenébrio gigante.

Fonte: Dados da pesquisa.

Na amostra FP, foi observada a presença de compostos voláteis pertencentes a 8

classes diferentes, dentre essas classes, foram identificados 3 ácidos, correspondendo a 3% do total de compostos voláteis, 11 álcoois, correspondendo a 32%, 6 aldeídos, correspondendo a 2%, 29 ésteres, correspondendo a 59%, 4 cetonas, correspondendo a 0,5%, 6 compostos classificados como "outros", correspondendo a 1%, 3 fenóis, correspondendo a 0,4% e 16 terpenos, correspondendo a 2% do total de compostos encontrados na amostra padrão, como podemos observar na tabela 4, resultados semelhantes ao encontrado por Arruda (2022).

Já na amostra F1, foi observada a presença de compostos voláteis pertencentes a 8 classes diferentes, dentre essas classes, foram identificados 2 ácidos, correspondendo a 0,3% do total de compostos voláteis, 11 álcoois, correspondendo a 27%, 6 aldeídos, correspondendo a 1%, 32 ésteres, correspondendo a 70%, 3 cetonas, correspondendo a 0,2%, 5 compostos classificados como "outros", correspondendo a 1%, 3 fenóis, correspondendo a 0,3% e 16 terpenos, correspondendo a 1% do total de compostos encontrados na amostra padrão, como podemos observar na Tabela 4, resultados semelhantes já haviam sido observados anteriormente por Castro *et al.* (2022)

E para a amostra F2, foi observada a presença de compostos voláteis pertencentes a 8 classes diferentes, dentre essas classes, foram identificados 2 ácidos, correspondendo a 3% do total de compostos voláteis, 11 álcoois, correspondendo a 22%, 6 aldeídos, correspondendo a 1%, 29 ésteres, correspondendo a 73%, 3 cetonas, correspondendo a 0,2%, 5 compostos classificados como "outros", correspondendo a 1%, 3 fenóis, correspondendo a 0,2% e 15 terpenos, correspondendo a 1% do total de compostos encontrados na amostra padrão, como podemos observar na Tabela 4, Haslbeck *et al.* (2018) também obteve um resultado semelhante em seu trabalho.

5.2 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

Os resultados das análises de teor de fenólicos totais e teor de antioxidantes foram avaliados por método de dados pareados, com o auxílio do Software Minitab 16. Aplicou-se a análise de variância pela metodologia ANOVA, e comparação das médias pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%.

Os teores de compostos fenólicos totais variaram entre 0,225 a 0,090 mg de ácido gálico/ mL de cerveja nas amostras, tendo a FP, como a maior quantidade de fenólicos totais comparado as outras duas amostras, e a amostra F2 portando a menor quantidade de fenólicos totais, isso pode estar ligado diretamente a quantidade de quitina e seus

derivados presente na composição da farinha da larva do tenébrio e os fenólicos são fitoquímicos, ou seja, de origem vegetal.

Tabela 5. Teor de fenólicos totais e antioxidantes presente nas cervejas

Formulação	Teor de antioxidantes (mg TE/ml de cerveja)	Fenólicos totais (mg de ácido gálico/ mL de cerveja)
FP	7234,41 ^a	0,225 ^a
F1	4979,94 ^b	0,163 ^b
F2	2026,20 ^c	0,090 ^c

Fonte: Dados da pesquisa.

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 5\%$)

FP = cerveja padrão; F1 = cerveja com 2,5% de farinha da larva de tenébrio gigante; F2 = cerveja com 5% de farinha da larva de tenébrio gigante.

Esse resultado estava de acordo com os estudos dos pesquisadores como Freitas (2006) e Talufo *et al.* (2010), que também conduziram testes semelhantes com amostras de cervejas, tanto claras quanto escuras, e constataram valores fenólicos mais altos nas variedades de cerveja escura.

A incorporação da farinha de inseto resultou na redução dos níveis de compostos fenólicos totais da cerveja. Dado que o estilo *Cream Ale* é caracterizado como uma cerveja leve, refrescante, de cor clara e de médio-baixo amargo, a redução pode ser considerada vantajosa para alguns aspectos associados ao estilo da cerveja como a suavização do sabor e redução da adstringência, podendo realçar a sua aparência pela redução de alguns fenólicos que podem causar turvação e instabilidade da cerveja, no entanto uma redução significativa desses composto pode resultar na perda da complexidade dos sabores maltados ou lupulado podendo resultar em um produto com menor tempo de prateleira (BJ FP, 2016).

Observou-se diferença significativa no conteúdo de fenólicos totais conforme resultados da Tabela 5, há uma notável disparidade entre as amostras. A amostra FP, que não inclui farinha da larva de tenébrio gigante, apresenta um teor consideravelmente mais elevado em comparação com as amostras F1 e F2, que contêm adições de farinha da larva de tenébrio gigante na sua composição em proporções distintas, acredita-se que ocorreu uma complexação dos componentes fenólicos na presença de proteínas oriundas da farinha.

Quanto a capacidade antioxidante da cerveja, Tabela 5, a amostra F1 apresentou

uma redução de aproximadamente 31% da sua capacidade antioxidantes em relação à FP, enquanto a F2 apresentou uma diminuição de cerca de 72% quando comparada à FP. Isso nos leva à conclusão de que o aumento da concentração de farinha da larva de tenébrio gigante na cerveja irá provocar a redução da capacidade antioxidante da bebida, esses resultados divergem do estudo realizado por Gomes (2022).

A capacidade antioxidante desempenha um papel na proteção da cerveja contra a oxidação, o que pode afetar negativamente na vida útil do produto, sugerindo que suas características são perdidas mais rapidamente, podendo até mesmo apresentar sabores indesejados como papel e ranço. Com isso, a redução da capacidade antioxidante da cerveja deve ser pensada e considerada pelo estilo, objetivos de sabor, tempo de vida útil do produto, assim atendendo aos critérios de qualidade, estabilidade e sabores desejados.

De acordo com uma pesquisa conduzida por Silva (2021), é notório que a maior parte dos antioxidantes encontrados nas cervejas tem sua origem nos ingredientes convencionais usados em sua composição como o malte é o lúpulo.

6. CONCLUSÃO

Os voláteis presentes nas cervejas sofreram grande influência com a adição da farinha de inseto em sua composição mostrando que a adição de 2,5% de farinha reduziu a concentração de sete das oito classes de compostos, mas a adição de 5% de farinha reduziu a concentração de apenas quatro desses oito. Os ésteres, álcoois e ácidos foram, nessa ordem, os mais presentes em termos de concentração, nas cervejas avaliados, entretanto em termos de quantidade de compostos os ésteres foram seguidos pelos terpenos e depois pelos álcoois. Apesar da baixa concentração dos terpenos nas amostras, sua importância para o aroma da cerveja é muito elevada visto seu baixo *threshold* sensorial.

A incorporação da farinha da larva do tenébrio gigante na produção da cerveja *Cream Ale* resultou na diminuição do teor de compostos fenólicos, resultando em uma suavização das características sensoriais da cerveja, o que se alinha com as impressões gerais do estilo, proporcionando uma cerveja mais clara, límpida e com sabor e aroma mais suaves.

Além disso, a adição da farinha também resultou na diminuição dos níveis de antioxidantes na cerveja. Para cervejas leves como a *Cream Ale*, essa redução pode ser benéfica para as características sensoriais a curto prazo, no entanto, essa redução de compostos antioxidante pode diminuir o tempo de prateleira da cerveja.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA E SILVA, J.B.; VENTURINI FILHO, W.G. **Tecnologia de bebidas:** matéria prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 2005, p. 347-353.

APARICIO-RUIZ, R. Comparison of two analytical methods validated for the determination of volatile compounds in virgin olive oil: GC-FID vs GC-MS. **Talanta**, v. 187, n. May, p. 133–141.

AQUARONE, E.; Lima, U.A.; Borzani, W. *Biotechnologia Industrial: alimentos e bebidas produzidas por fermentação*. São Paulo: **Edgard Blucher**, vol. 5, 2001.

ARRUDA, A. L. Universidade do estado de santa catarina–udesc centro de ciências agroveterinárias–cav programa de pós-graduação em produção vegetal.

ATLASBIG. **Produção Mundial de Cerveja por País**. Disponível em: <<https://www.atlasbig.com/pt-br/paises-pela-producao-de-cerveja>>. Acesso em: 14 jul. 2023.

BIAZON, C.L.; SANTOS, J.H. **Utilização de adsorventes durante o processo de microextração em fase sólida de flavors de cerveja**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/13663>>. Acesso em: 14 jul. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 9.902, 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. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D9902.htm>. Acesso em: 14 de ago. 2023.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa – IN nº 65, de 10 de dezembro de 2019, estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria. Diário Oficial da União.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária.** Anuário da Cerveja no Brasil 2023.

BENEVENUTO, W.C.A.; MARTINS, M.L.; BENEVENUTO JÚNIOR, A.A.; MARTINS, E.M.F.; MARTINS, J.M.; SILVA, M.H.L.; SILVA, V.R.O.; MARTINS, A.D.O. (org.). **Contribuições para a área de alimentos:** Experiências do Mestrado profissional em ciências e tecnologia de alimentos. Rio Pomba, 2020. E-book (243p). Disponível em: <<https://wwwdev.ifsudestemg.edu.br/noticias/riopomba/segundo-volume-de-e-book-apresentatextos-oriundos-de-pesquisas-do-mestrado-em-alimentos/ebook-final-v2-final-1-rp.pdf#page=226>>. Acesso em: 18 jul. 2023.

BJ FP: **Beer Judge Certification Program.** Guia de Estilos de Cervejas. Disponível em: <<https://dev.bjfp.org/>>. Acesso em: 25 agosto 2022.

CASTRO, T. **Obtenção e análise da composição centesimal de farinha de larvas de tenébrio molitor.** 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia), Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara - AM, 2021.

CASTRO, R.; DÍAZ, A. B.; DURÁN-GUERRERO, E.; LASANTA, C. Influence of different fermentation conditions on the analytical and sensory properties of craft beers: Hopping, fermentation temperature and yeast strain. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.106, p.1-8, 2022.

CASTRO, R.J.S. *et al.* Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v. 76, p. 82-89, 2018.

Centro Nacional de Informação em Biotecnologia. Resumo do composto PubChem para CID 8174, 1-Decanol. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1-Decanol>>. Acesso em 1 de outubro de 2023.

COSTA, I.H.L.; Melo, C.W.B. **Características Sensoriais das Pirazinas no Aroma dos Alimentos:** Uma Revisão. Disponível em: <CARACTERISTICAS-SENSORIAIS-DAS-PIRAZINAS-NO-AROMA-DOS-ALIMENTOS-UMA-REVISAO.docx>. Acesso em: 14 jul. 2023.

COELHO, E.M.; da Silva Padilha, C.V.; Miskinis, G.A.; de Sá, A.G.B.; Pereira, G.E.;

de Azevedo, L.C.; dos Santos Lima, M. Análise simultânea de açúcares e ácidos orgânicos em vinhos e sucos de uva por HPLC: Validação do método e caracterização de produtos do nordeste do Brasil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 160–167, 2018.

CHURCHWARD-VENNE, T.A.; PINCKAERS, P.J.M.; VAN LOON, J.J.A.; VAN LOON, L.J.C. Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption. **Nutrition Reviews**, v. 75, p. 1035–1045, 2017.

CRANSTON, P.S. Os insetos: um resumo de entomologia. 4. ed. São Paulo: **Roca**, 2014.

DACK, R.E. *et al.* The effect of Maillard reaction products and yeast strain on the synthesis of key higher alcohols and esters in beer fermentations. **Food Chemistry**, v. 232, p. 595–601, 2017.

DAMIANI, C. **Qualidade de pequi (*Caryocar brasiliense Camb.*) minimamente processado, armazenado sob diferentes temperaturas**. 2006. 126 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FREITAS, G.L.; KUSKOSKI, E.M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Avaliação da atividade antioxidante de diferentes cervejas aplicando os métodos ABTS e DPPH. **Alimentos e Nutrição**, v. 17, n. 3, p. 303–307, 2006.

FORATTINI, O.P. **História da entomologia no Brasil**. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 11, p. 4–12, 1964.

FREIRE, B.R. **Produção de cerveja artesanal com frutas exóticas e avaliação da imobilização de leveduras em micropartículas magnetopoliméricas no processo de fermentação alcoólica**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia em Saúde), Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

GARRUTI, D.S.; FRANCO, M.R.B.; DA SILVA, M.A.A.P.; JANZANTTI, N.S.; ALVES, G.A. Evaluation of volatile flavour compounds from cashew apple (*Anacardium occidentale* L) juice by Osme gas chromatography/olfactometry technique. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 83, p. 1455–1462, 2003.

GOMES, J.G. **Cerveja Cream Ale adicionada de farinha da larva do tenébrio gigante (*zophobas morio*)**. 2022. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Agroindústria, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras-PB, 2022.

GKINALI, A.A.; MATSAKIDOU, A.; VASILEIOU, E.; PARASKEVOPOULOU, A. Potentiality of Tenebrio molitor larva-based ingredients for the food industry: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 119, p. 495–507, 2022.

GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. 4. ed. São Paulo: Roca, 2014.

ESSLINGER, H.M.; NARZIß, L. **Cerveja**. In: Enciclopédia de Química Industrial de Ullmann, 2000.

ESSLINGER, H.M. (org.). **Manual de fabricação de cerveja: processos, tecnologia, mercados**. John Wiley Filhos, 2009.

KORDIALIK-BOGACKA, E. Biopreservation of beer: Potential and constraints. **Biotechnology Advances**, p. 107910, 2022.

LIMA, L.L.A; Filho, A.B.M. **Tecnologia de Bebidas. Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil**; 2011.

LIDE, D.R. **Chemical Rubber Company Handbook of Chemistry and Physics**. Florida, USA, 1998.

MA, C. *et al.* Analysis of flavour compounds in beer with extruded sorghum as an adjunct using headspace solid-phase micro-extraction and gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 122, n. 2, p. 251–260, 2016.

MACIEL, D.C.; ELÓI, L.M.H. Compostos fenólicos em diferentes marcas de cerveja: comparação qualitativa de diferentes marcas e sua relação com a saúde humana.

Revista Uniara, v. 16, n. 1, p. 41–52, 2013.

MALFLIET, S. *et al.* Flavour instability of pale lager beers: determination of analytical markers in relation to sensory ageing. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 114, n. 2, p. 180–192, 2008.

MATOS, F.M.; NOVELLI, P.K.; CASTRO, R.J.S. Enzymatic hydrolysis of black cricket (*Gryllus assimilis*) proteins positively affects their antioxidant properties. **Journal of Food Science**, v. 86, n. 2, p. 571–578, 2021.

MEGIDO, R.C.; GIERTS, C.; BLECKER, C.; BROSTAU, Y.; HAUBRUGE, E.; ALABI, T.; FRANCIS, F. Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. **Food Quality and Preference**, v. 52, p. 237–243, 2016.

MCKETTA, J.J. Enciclopédia de Processamento Químico e Design: Volume 37- Pipeline Flow: Basics to Piping Design. **Routledge**, 2022.

MORAES, M.S. **Inovação no setor de alimentos: insetos para consumo humano**. Interações (Campo Grande), vol. 17, n. 3, Campo Grande, 2016.

NARDINI, M.; GARAGUSO, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Food Chemistry**, v. 305, p. 125437, 2019.

NASCIMENTO FILHO, M.A. **Farinha de larva de inseto (*Tenebrio molitor*) na alimentação de frango de corte: preferência alimentar, energia metabolizável e digestibilidade de aminoácidos**. 2020. 73 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia e Pastagens), Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2020.

NASCIMENTO, J.P.; SANTOS, J.T.L.A. **Elaboração e avaliação da qualidade sensorial e microbiológica de cerveja produzida em escala laboratorial**. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Agroindústria), Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras-PB, 2014.

NASCIMENTO, R.F. **Cromatografia gasosa: aspectos teóricos e práticos**. 2018.

NESPOR, J.; KARABÍN, M.; HANKO, V.; DOSTÁLEK, P. Application of response surface design to optimise the chromatographic analysis of volatile compounds in beer. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 124, n. 3, p. 244–253, 2018.

NOBRE, A. **Análise dos compostos voláteis da fibra do caju e de seus coprodutos**. 2015.

POMA, G.; CUYKX, M.; Da SILVA, K.M.; ITURROSPE, E.; VAN NUIJS, A.L.; VANHUIS, A.; COVACI, A. Edible insects in the metabolomics era. First steps towards the implementation of entometabolomics in food systems. **Trends in Food Science & Technology**, 2021.

POMA, G.; CUYKX, M.; AMATO, E.; CALAPRICE, C.; FOCANT, J.F.; COVACI, A. Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. **Food and Chemical Toxicology**, v. 100, p. 70–79, 2017.

RAMLI, N.; HASSAN, O.; SAID, M.; SAMSUDIN, W.; IDRIS, N.A. Influence of roasting conditions on volatile flavor of roasted Malaysian cocoa beans. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 30, p. 280–298, 2006.

RAMOS-Elorduy, J.; Viejo Montesinos, J.L. Los insectos como alimento humano: Breve ensayo sobre la entomofagia, con especial referència a México. Boletín Real Sociedad Española de História Natural. **Sección Biología**, vol. 102, 2007: 61–84.

RAMOS-ELORDUY, J. Anthro-po-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. **Entomological research**, v. 39, n. 5, p. 271–288, 2009.

ROMEIRO, E.T.; OLIVEIRA, I.D.; CARVALHO, E.F. Insetos como alternativa alimentar: artigo de revisão. **Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade**, vol. 4, n. 1, São Paulo, 2015.

RONALDO F. N.; ARI C. A.; PABLO G. A.; VÍTOR P. A. **Cromatografia gasosa: aspectos teóricos e práticos**, v. 1, n. 1, p. 15–334.

RUFINO, M.D.S.M. *et al.* **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP)**. 2006.

RUFINO, M.D.S.M. *et al.* **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. 2007.

RUFINO, M.D.M. *et al.* Comportamento de eliminação de radicais livres de algumas frutas do Nordeste brasileiro em sistema DPPH. **Química Alimentar**, 114, 693–695. 2009.

SABIK, H.; Fortin, J.; Martin, N. Identification of pyrazine derivatives in a typical maple syrup using headspace solid-phase microextraction with gas chromatography–mass spectrometry. **Food Chem.** 133, 1006–1010, 2012.

SILVA, R.N.P.; DIAS, J.F.; KOBLITZ, M.G.B. Cervejas: relação entre estilos; compostos fenólicos e capacidade antioxidante. Research, **Society and Development**, Rio de Janeiro, ed. 10, n. 3, p. 1–17, 21 de ago. de 2021.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetria de fenólicos totais com reagentes ácidos fosfomolibdico-fosfotúngstico. **Jornal Americano de Enologia e Viticultura**, v. 16, p. 144–158, 1965.

SMOGROVICOVA, D.; DOMENY, Z. Beer volatile by-product formation at different fermentation temperature using immobilised yeasts. **Process Biochemistry**, v. 34, n. 8, p. 785–794, out. 1999.

STAROWICZ, M.; Zieliński, H. How Maillard reaction influences sensorial properties (color, flavor and texture) of food products? **Food Rev. Int.** 35, 707–725, 2019.

SILVA, G.A.; AUGUSTO, F.; POPPI, R.J. Exploratory analysis of the volatile profile of beers by HS-SPME-GC. **Food Chemistry**. v. 111, n. 4, p. 1057–1063, dez. 2008.

TALUFO, Paula Alexandra Ribeiro; QUEIRÓS, Raquel Barbosa; MATOS, Cristina Maria Delerue; SALES, Maria Goreti Ferreira. Control and comparison of the

antioxidant capacity of beers. **Food Research International**. v. 43, p. 1702–1709, 2010.

TEIXEIRA, C.L.P.; PADILHA, C. **Produção de cerveja de cogumelo**. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.

TROVATO, E.; ARIGÒ, A.; VENTO, F.; MICALIZZI, G. *et al.* Influence of Citrus Flavor Addition in Brewing Process: Characterization of the Volatile and Non-Volatile Profile to Prevent Frauds and Adulterations. **Separations**, 8, n. 2, p. 18, 2021.

TSUJI, H.; MIZUNO, A. Volatile compounds and the changes in their concentration levels during storage in beers containing varying malt concentrations. **Journal of food science**, v. 75, n. 1, p. C79–C84, 2010.

VALIM, M.F.; ROUSEFF, R.L.; LIN, J. Gas chromatographic-olfatometric characterization of aroma compounds in two types of cashew apple nectar. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 51, p. 1010–1015, 2003.

VENTURINI FILHO, W.G. **Tecnologia de cerveja**. Jaboticabal: Funep, 2000. P. 83

WANNENMACHER, J.; GASTL, M.; BECKER, T. Phenolic Substances in Beer: Structural Diversity, Reactive Potential and Relevance for Brewing Process and Beer Quality. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 4, p. 953–988.

YIN, Yu-Jie *et al.* Três novos co-cristais de 2, 3, 5, 6-tetrametil pirazina com diferentes compostos aromáticos substituídos estrutura cristalina, espectroscopia e análise de Hirshfeld. **Revista de Estrutura Molecular**, v. 1241, p. 130580, 2021.

ZHAO, X.; Yu, Z.; WANG, T.; GUO, X.; LUAN, J.; SUN, Y.; LI, X. The use of chitooligosaccharide in beer brewing for protection against beer-spoilage bacteria and its influence on beer performance. **Biotechnology letters**, v. 38, n. 4, p. 629–635, 2016.