



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS



Bruno José Dani Rinaldi

**INCORPORAÇÃO DE PHYSALIS (*Physalis peruviana* L.)
NA PRODUÇÃO DE CERVEJA FRUTADA**

DISSERTAÇÃO

Pato Branco

2021

BRUNO JOSÉ DANI RINALDI

**INCORPORAÇÃO DE PHYSALIS (*Physalis peruviana* L.) NA PRODUÇÃO DE
CERVEJA FRUTADA**

**Incorporation of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in the production of
fruit beer**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Tecnologia de
Processos Químicos e Bioquímicos da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Dra. Gracielle Johann.

PATO BRANCO

2021



Atribuição – Uso Não Comercial (CC BY-NC) - Permite que outros remixem, adaptem e criem obras derivadas sobre a obra licenciada, sendo vedado o uso com fins comerciais. As novas obras devem conter menção ao autor nos créditos e também não podem ser usadas com fins comerciais. Porém as obras derivadas não precisam ser licenciadas sob os mesmos termos desta licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco



BRUNO JOSE DANI RINALDI

INCORPORAÇÃO DE PHYSALIS PERUVIANA L NA PRODUÇÃO DE CERVEJA FRUTADA

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Tecnologia De Processos Químicos E Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Processos Químicos E Bioquímicos.

Data de aprovação: 27 de Agosto de 2021

Prof.a Gracielle Johann, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Marina Leite Mitterer Daltoe, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Michele Cristiane Mesomo Bombardelli, Doutorado - Universidade Estadual do Centro-Oeste

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 08/09/2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a minha esposa, Helaine Kleimpaul, pelo incentivo, apoio e por, muitas vezes ser compreensiva nas minhas ausências em função do mestrado.

Aos meus familiares pelo apoio, em especial a minha mãe (*in memoriam*), por me ensinar a importância de uma boa educação, por não ter medido esforços para passar valores que levarei por toda a minha vida.

À minha orientadora Prof.^a Dr.^a Gracielle Johann, por ter confiado em meu trabalho, por todas as suas contribuições, ensinamentos e orientação.

A professora Paula Montanher pelo auxílio nas análises dos compostos fenólicos totais e atividade antioxidante.

Ao Laboratório de Biotecnologia Ambiental e Alimentos (LABIA) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *campus* Dois Vizinhos, pelo suporte analítico durante a realização deste trabalho.

Ao Instituto Federal Catarinense – IFC, pelo incentivo para esta qualificação.

Aos professores das disciplinas que cursei, pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina -UNIEDU pelo apoio financeiro.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

E a todos os demais envolvidos com esse projeto, que contribuíram de forma direta ou indireta a efetivação dessa pesquisa, o meu sincero MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O segmento de cervejas artesanais vem impulsionando o mercado de bebidas nos últimos anos devido às diversas possibilidades de formulação. Entre as cervejas artesanais, as frutadas proporcionam ao consumidor sabores até então desconhecidos. Neste sentido, surge com potencial aplicação a physalis que é uma fruta tropical conhecida pelo seu sabor único, cuja produção é sazonal, o que dificulta a sua utilização durante todo o ano. Uma possibilidade de incorporar a physalis às cervejas frutadas é submetê-la à liofilização, garantindo um estoque constante de polpa. O presente estudo teve como objetivo a produção de uma cerveja artesanal com adição de physalis liofilizada, para agregar à bebida final compostos fenólicos, minerais e potencial antioxidante. Três formulações de cerveja com diferentes concentrações de physalis liofilizada (20, 40 e 60 g/L) foram produzidas e caracterizadas. Os resultados mostraram que a adição do fruto influenciou diretamente nos parâmetros físico-químicos pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, concentração alcoólica, cor, amargor, extrato real, extrato primitivo e turbidez. Além disso, as cervejas com physalis liofilizada apresentaram aumento no teor de alguns minerais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. Assim, a adição de physalis é uma boa opção para melhorar as características funcionais da cerveja, proporcionando um produto diferenciado.

Palavras-chave: compostos fenólicos total; atividade antioxidante; composição mineral; cerveja frutada.

ABSTRACT

The craft beer segment has been driving the beverage market in recent years due to the many different formulation possibilities. Among craft beers, fruity beers provide the consumer with flavors previously unknown. In this sense, cape gooseberry is a tropical fruit known for its unique flavor, whose production is seasonal, which makes it difficult to use throughout the year. One possibility of incorporating cape gooseberry into fruity beers is to subject the fruit to freeze-drying, ensuring a constant stock of pulp. The present study aimed to produce a craft beer added with freeze-dried cape gooseberry, to add mineral compounds, phenolic compounds, and antioxidant activity to the final beverage. Three beer formulations with different concentrations of freeze-dried physalis (20, 40, and 60 g/L) were produced and characterized. The results showed that the addition of the fruit directly influenced the physical-chemical parameters pH, total titratable acidity, total soluble solids, alcoholic concentration, color, bitterness, real extract, primitive extract, and turbidity. In addition, the beers with freeze-dried cape gooseberry showed an increase in the content of some minerals, total phenolic compounds, and antioxidant activity. Thus, the addition of cape gooseberry is a good option to improve the functional characteristics of the beer, providing a differentiated product.

Keywords: total phenolic content, antioxidant activity, mineral composition, fruit beer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Número de cervejarias registradas no Brasil nos últimos 20 anos.....	16
Figura 2 - Malte em Grãos	19
Figura 3 - Flores de Lúpulo	20
Figura 4 - Physalis com cálice de proteção	27
Figura 5 - Fluxograma das atividades desenvolvidas	31
Figura 6 - Physalis liofilizada	32
Figura 7 - Fluxograma de produção da cerveja base	36
Figura 8 - Fluxograma de produção da cerveja frutada	37
Figura 9 - Cerveja controle e cervejas frutadas adicionadas de physalis liofilizada ...	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análises físico-químicas da physalis in natura e liofilizada	43
Tabela 2 – Análises físico-química da physalis in natura e liofilizada	45
Tabela 3 – Composição mineral da physalis in natura e liofilizada	47
Tabela 4 – Teores de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante	49
Tabela 5 – Análise físico-química da cerveja frutada	51
Tabela 6 - Composição mineral (mg/L) das cervejas frutadas	56
Tabela 7 - Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das cervejas frutadas	58
Tabela 8 - Composição do custo da cerveja base	58

LISTA DE SÍMBOLOS

Co	Cobalto
Al	Alumínio
Na	Sódio
Li	Lítio
K	Potássio
S	Enxofre
Zn	Zinco
Mn	Manganês
Ca	Cálcio
P	Fósforo
Mo	Molibdênio
Se	Selênio
Mg	Magnésio
Ni	Níquel
B	Boro
Cr	Crômio
Cu	Cobre
Fe	Ferro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 A CERVEJA	14
3.2 A CERVEJA NO BRASIL	15
3.3 INGREDIENTES	17
3.3.1 Água	17
3.3.2 Malte.....	18
3.3.3 Lúpulo.....	20
3.3.4 Levedura	22
3.3.5 Adjuntos Cervejeiros	23
3.4 CERVEJAS FRUTADAS	24
3.5 PHYSALIS PERUVIANA	26
4 MÉTODOS	31
4.1 MATÉRIA-PRIMA.....	32
4.1.1 Análises físico-químicas	32
4.1.2 Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante	34
4.2 OBTENÇÃO DA CERVEJA BASE	35
4.3 PRODUÇÃO DA CERVEJA FRUTADA	37
4.4 CARACTERIZAÇÃO DA CERVEJA FRUTADA	38
4.4.1 Análises físico-químicas	38
4.4.2 Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante	40
4.5 ANÁLISE DE CUSTOS DE PRODUÇÃO DA CERVEJA FRUTADA	41
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO FRUTO DE PHYSALIS IN NATURA E LIOFILIZADA.....	43
5.2 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO FRUTO DE PHYSALIS IN NATURA E LIOFILIZADA.....	48
5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CERVEJA FRUTADA.....	50

5.4 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DAS CERVEJAS FRUTADAS	57
5.5 ESTIMATIVA DE CUSTO DA CERVEJA FRUTADA	59
6 CONCLUSÃO	61
7 REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no mundo. Terceiro maior produtor mundial de cerveja, o Brasil é destaque no setor cervejeiro, estando atrás apenas de países como a China e EUA. O crescimento no setor é reflexo do potencial nacional, o qual na última década aumentou a produção de 8,2 para 13,4 bilhões de litros anuais, representando um crescimento de 64%. No ano de 2020 o Brasil alcançou a marca de 1.383 cervejarias, apresentando um aumento de 14,4%, em comparação ao ano anterior. Este fato confirma que o segmento cervejeiro está em plena expansão, caracterizado principalmente pelo crescimento das cervejarias artesanais.

O crescimento no mercado de cervejas artesanais é impulsionado principalmente pela inovação. A busca incessante por novas características sensoriais na cerveja artesanal tem se tornado um desafio para as micro cervejarias na conquista de novos consumidores. Buscando atender a este exigente mercado, os cervejeiros têm apostados na utilização de ingredientes distintos, como arroz, mel, frutas, mandioca, abóbora, ervas, gengibre, entre outros adjuntos, a fim de adicionar novas características sensoriais e compostos biotivos a bebida.

Várias frutas têm sido usadas como adjuntos da cerveja ou como agente aromatizante. Estudos demonstram que a adição de outros ingredientes à cerveja, levam à um aumento no valor nutricional, além de agregar valor ao produto. A utilização de frutas tropicais como adjunto no processo da cerveja vem de encontro a necessidade de mercado considerando a importância dessa bebida no Brasil. Nesse sentido a physalis (*Physalis peruviana L.*) é uma fruta tropical, pertencente à família *Solanaceae*, e muito difundida no mercado internacional, principalmente por seu sabor e suas características medicinais. A physalis é uma baga carnosa, que apresenta forma esférica e se desenvolve no interior de um cálice, que tem por finalidade preservá-lo. Com a retirada do cálice, o período de armazenamento torna-se reduzido e o fruto mais perecível.

Embora a physalis possua um grande potencial como produto in natura, nos últimos anos a fruta vem sendo alvo de estudos na busca de alternativas de processamento para um melhor aproveitamento. Devido a sua característica

ácida, a physalis obteve ótimo resultado quando utilizada na produção de geléias e na elaboração de vinagre. Buscando um melhor aproveitamento Sánchez et al. (2014) avaliou a utilização da physalis na produção de polpa, néctar e geléia. Os resultados demonstraram que tanto a polpa e o néctar como a geléia, são alternativas de aproveitamento para as frutas que não são comercializados in natura. A physalis também tem grande potencial para produção de produtos funcionais, os quais representam um mercado emergente de importância econômica, devido aos altos níveis de antioxidantes, vitaminas, minerais e fibras.

Por se tratar de um fruto climatérico, com elevada produção durante o período de colheita, buscam-se alternativas tecnológicas para aumentar a vida de prateleira da physalis, de modo que as características originais sejam conservadas. A liofilização é uma excelente alternativa para suprir esta demanda e garantir a disponibilidade do fruto em períodos de entressafra. A utilização de baixas temperaturas e a ausência de água líquida durante o processo, faz com que a maioria das deteriorações e reações microbiológicas sejam interrompidas, obtendo um produto final de excelente qualidade. Quando comparado com outros métodos de desidratação, a liofilização é mais eficiente, por utilizar baixas temperaturas durante todo o processo, não degradando os compostos voláteis, preservando assim o aroma e sabor característico das frutas.

Considerando que na literatura não há menção à incorporação de frutas liofilizadas em cervejas frutadas, bem como não há relatos de enriquecimento de cervejas com physalis, o presente estudo objetivou produzir uma cerveja artesanal com adição de physalis liofilizada e caracterizar a bebida obtida com base em parâmetros físico-químicos, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Produzir uma cerveja artesanal frutada, com adição de polpa liofilizada de *Physalis peruviana L.*, para obtenção de uma bebida com maior teor de compostos bioativos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram contemplados:

- Caracterizar os parâmetros físico-químicos (pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais, proteína bruta, umidade, cinzas, extrato etéreo e material mineral), atividade antioxidante (por captura dos radicais ABTS e DPPH e potencial redutor do íon férrico – FRAP) e conteúdo de fenólicos totais (por Folin – Ciocalteu) da polpa de physalis in natura e liofilizada.
- Desenvolver três formulações de cerveja artesanal contendo diferentes concentrações (20g/L, 40g/L e 60g/L) de polpa liofilizada de phisalis e uma cerveja controle para fins de posterior comparação entre as formulações.
- Avaliar as características físico-químicas (pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, teor alcoólico, cor, amargor, turbidez, extrato real e primitivo, proteína bruta, cinzas e material mineral), atividade antioxidante (por captura dos radicais ABTS e DPPH e potencial redutor do íon férrico – FRAP) e conteúdo de fenólicos totais (por Folin – Ciocalteu), das cervejas produzidas.
- Estimar o custo de produção da melhor formulação de cerveja frutada de *Physalis peruviana*.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A CERVEJA

De acordo com o decreto de Lei nº 9.902, de 8 de julho de 2019, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, a Cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro (BRASIL, 2019). Ainda de acordo com o decreto, a cerveja poderá ser adicionada de ingredientes de origem vegetal, animal, coadjuvante de tecnologia e aditivo a serem regulamentados em atos específicos.

Embora existam uma gama muito variada de cerveja, a legislação brasileira não define critérios para a classificação das cervejas. Classificar cervejas segundo determinado critério não é tarefa fácil, pois as cervejas podem ser agrupadas por cor, ingredientes utilizados, métodos de fabricação, origem do estilo, teor alcoólico etc. Para Morado (2009), há ainda outros fatores que aumentam a complexidade da classificação. Dependendo da tecnologia disponível, do paladar do consumidor, da disponibilidade de matérias primas, o processo de fabricação pode sofrer modificações.

Alguns especialistas classificam a cerveja de acordo com o processo de fermentação. As Cervejas de fermentação de superfície, onde as leveduras sobrenadam a cerveja, num processo que leva de 2 a 5 dias, a uma temperatura que varia entre 18 e 25 °C, são chamadas de *Ale* (SIQUEIRA et al., 2008). As cervejas de fermentação de fundo, cuja temperatura varia de 7 a 15 °C e a fermentação dura cerca de 6 dias, são chamadas de *Lagers*. As *lagers* devido às baixas temperaturas usadas no processo, os sabores e aromas das cervejas são mais leves, quando comparadas as *ales* (ARAÚJO; SILVA; MINIM, 2003). E por fim, as cervejas cuja fermentação ocorre espontaneamente a partir de leveduras e bactérias presentes no ambiente, chamadas de *Lambics*. Seu processo dura de 1 a 2 anos, em temperatura ambiente, sendo que a fermentação espontânea confere a cerveja um sabor de caráter ácido (ARAÚJO et al., 2016).

3.2 A CERVEJA NO BRASIL

Ainda que a produção de cerveja em escala maior seja algo datado apenas após a chegada da família real no Brasil em 1808, o hábito de beber cerveja já encontrava-se em terras brasileiras bem antes desta data (HOUAISS, 1986). Evidências literárias mostram que o primeiro consumo da bebida pode ter sido realizado por volta de 1800, pelo inglês chamado Lindley, em um mosteiro presente na cidade de Salvador/BA. Também há indícios do consumo em inventários da cidade de Porto Alegre/RS, pois foram encontradas muitas garrafas de cerveja, em meados de 1806 (SANTOS, 2004).

No ano de 1836, na cidade do Rio de Janeiro, o Jornal do Commercio, anunciava pela primeira vez a venda de cerveja no Brasil. No entanto, o início da produção de cerveja deu-se na cidade de Recife/PE, onde após a ocupação holandesa no Nordeste, durante o século XVII, instalou-se a primeira cervejaria do Brasil. Essa cervejaria produziu as primeiras receitas de cervejas, sendo que boa parte delas advindas da rica tradição de produção de cerveja na Holanda (ROTOLO & MARCUSSO, 2019)

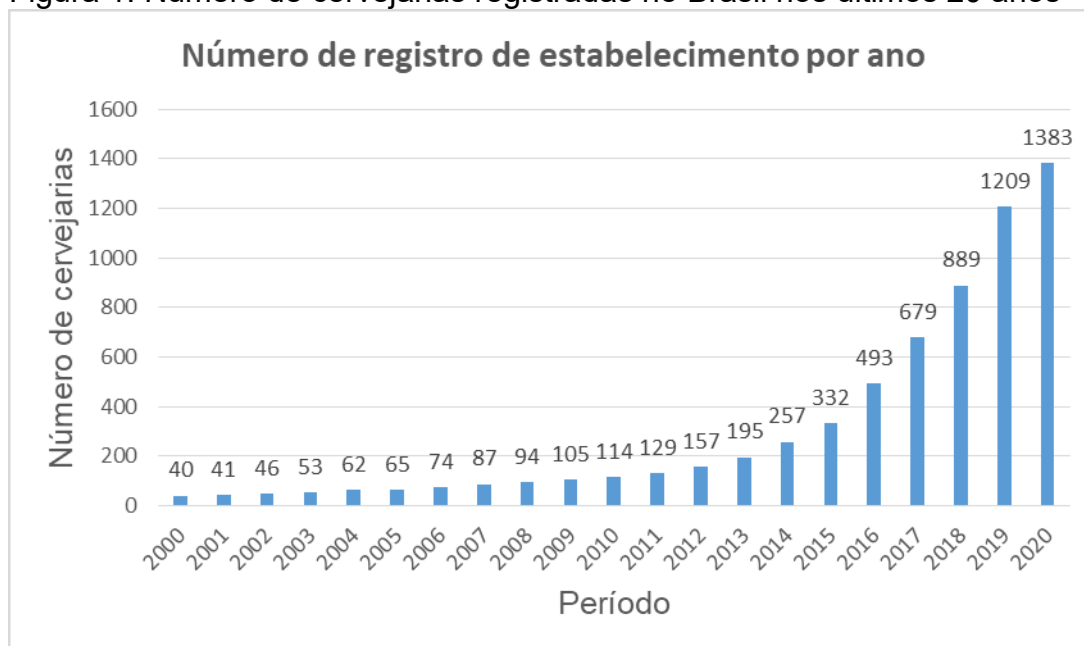
Já a produção em escala industrial, de acordo com Santos (2004), surgiu entre 1870 e 1880, em Porto Alegre/RS. Porém com o surgimento das primeiras máquinas compressoras frigoríficas no Rio de Janeiro e São Paulo, onde era possível produzir gelo, possibilitando um maior controle da temperatura no processo de fermentação, este fato levou a migração das fábricas para esses estados. Nessa época, foram fundadas duas empresas, a Companhia Cervejaria Brahma e a Antartica Paulista, que mais tarde vieram a se fundir e a dominar o mercado até os dias de hoje, fundando a AB InBev, sendo essa a empresa que possui o maior número de marcas de cervejas no mundo.

O Brasil já é considerado o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. O setor representa 1,6% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro, gerando R\$ 23 bilhões de impostos ao ano e 2,2 milhões de empregos, com um faturamento anual da ordem de R\$ 77 bilhões, sendo que 14 bilhões de litros da bebida são consumidos ao ano (CERVBRASIL, 2016).

Após o encerramento do ano de 2019, estavam registradas 1.209 marcas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). O Gráfico 1,

demostra que o setor manteve o crescimento expressivo no ano de 2020, finalizado o ano com 1.383 cervejarias registradas, confirmando ser um segmento de mercado em plena expansão. A maior concentração de cervejarias artesanais está na região sul e sudeste do Brasil, que juntas representam cerca de 85,6% do total de cervejarias no Brasil (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2021).

Figura 1: Número de cervejarias registradas no Brasil nos últimos 20 anos



Fonte: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2021)

É crescente o interesse nacional por cervejas artesanais. Para Palmer (2014) a cerveja artesanal é qualquer bebida feita fermentando um mosto contendo cevada maltada e lúpulo. A elaboração de cervejas utilizando outros adjuntos denominados não convencionais visa proporcionar a bebida atributos sensoriais característicos (DRAGONE et al., 2010). Deste modo, nota-se a necessidade de obtenção de cervejas com novos e variados sabores e aromas que atendam diferentes grupos de pessoas (CARVALHO, 2009).

O crescimento do mercado de cervejas artesanais é impulsionado pela tendência de valorização da sensorialidade e a busca pelo prazer no consumo. Esse aspecto favorece também a análise do custo-benefício feito pelo consumidor, que é refletido pelo lema “beba menos, beba melhor”. Segundo o SEBRAE (2015) a variedade de produtos tem alterado o padrão de consumo e as escolhas dos consumidores. Aliado a isso, a pesquisa e desenvolvimento de

novos produtos tem proporcionado a criação de bebidas diferenciadas, com um alto padrão de qualidade, contribuindo com a ampliação do mercado cervejeiro, oferecendo maiores opções para o consumidor (TRINDADE, 2016).

3.3 INGREDIENTES

De acordo com a lei de pureza alemã (*Reinheitsgebot*) instituída em 1516 pelo Duque Guilherme IV da Baviera na Alemanha, a qual estabelecia que a cerveja deveria ser fabricada exclusivamente com três ingredientes: água, malte de cevada e lúpulo. Porém com o passar dos anos a cerveja se tornou uma bebida muito versátil, possibilitando muitas variações quanto aos ingredientes utilizados. A proporção entre eles, o grau de maltagem da cevada, variedades de lúpulos, o tipo de fermentação, variações nas etapas e temperaturas do processo, armazenamento, maturação e envase. Tudo isso fez com que inúmeras combinações possíveis desses fatores determinassem a diversidade de estilo e o amplo aspecto de variações no resultado final (MORADO, 2009).

3.3.1 Água

A água é um dos principais fatores a serem levados em consideração na fabricação de uma cerveja. Ela é o meio indispensável a todas as reações químicas e bioquímicas formadoras da cerveja, além de ser a matéria prima em maior quantidade sendo que 92 a 95% do peso da cerveja é constituído de água (VENTURINI FILHO et al., 2001; VENTURINI FILHO, 2010).

A água empregada na fabricação de cerveja deve atender a alguns requisitos, como ser livre de turbidez, ter um pH controlado (5 a 9,5), pois, no processo cervejeiro o pH pode influenciar na regulação da atividade enzimática, solubilização de componentes adstringentes, variação de cor e coagulação dos compostos proteicos do mosto. Além desses fatores, a água também deve ser límpida, inodora, sem sabor e livre de microrganismos (ROSA et al., 2015)

Outro fator que deve ser levado em consideração é a presença de sais minerais na água. A presença do íon magnésio atua como cofator enzimático em muitas reações bioquímicas, principalmente durante a fermentação. Já o íon cálcio interage com os polifosfatos, reduzindo o pH e ativando enzimas como as

proteases e alfa-amilases. Quando utilizado em concentrações baixas inibe a extração de resinas do lúpulo, além de contribuir para extração de compostos adstringentes da casca do malte. Em concentrações acima de 600ppm os cloretos inibem a fermentação, porém concentrações abaixo de 400ppm podem contribuir com sabor salgado. As enzimas alfa e beta amilases atuam de maneira mais eficaz em mostos ácidos devido às interações elétricas às ligações alfa e beta que ficam mais expostas para a atuação das enzimas (TSCHOPE, 2001; VENTURINI FILHO et al., 2001; BOULTON & QUAIN, 2008)(BOULTON; QUAIN, 2008; TSCHOPE, 2001; VENTURINI FILHO et al., 2001).

Entretanto, caso a água não apresente uma qualidade satisfatória ou uma composição química adequada, poderá ser tratada por diferentes processos visando purificá-la, e se necessário, efetuar algumas modificações nos níveis de íons inorgânicos (AIZEMBERG, 2015).

3.3.2 Malte

Embora a cerveja possa ser produzida com diferentes tipos de malte, a cevada é o cereal que apresenta menores dificuldades técnicas para o processo de maltagem quando comparado a outros cereais como, arroz, trigo, aveia, milho e sorgo. O milho por exemplo, apresenta problemas de ranço na fração lipídica e o trigo, durante o processo de maltagem sofre ação de microrganismos que crescem na superfície do grão. Já a cevada, apresenta um alto teor de amido, o que vai gerar mais extrato fermentável, e a proteína encontra-se em quantidade e qualidade suficiente para a nutrição da levedura durante o processo fermentativo, assim como, para a formação de espuma no produto final (AIZEMBERG, 2015).

O processo de maltagem é constituído por três etapas: maceração, germinação e secagem. A maceração tem por objetivo preparar o grão para a etapa de germinação. O grão com umidade na ordem de 12 a 14% é colocado em contato com a água, por um período aproximado de dois dias, aumentando sua umidade para aproximadamente 42% (ROSA et al., 2015).

Na germinação acontece o processo biológico que torna as paredes celulares do grão bem quebradiças e facilita a extração do amido. Durante este processo, são sintetizadas as enzimas hidrolíticas, necessárias para a hidrólise parcial dos componentes da cevada (amido, proteína, parede celular), que darão

origem aos nutrientes requeridos pela levedura. Os aminoácidos presentes no mosto também vão ser formados parcialmente nesta fase, embora a maior quantidade venha a se originar na mosturação (CRUZ, 2007).

No processo de secagem ocorrem a redução de umidade do grão e a germinação é interrompida pelo aumento da temperatura. A temperatura deve ser controlada para não haver a inativação total das enzimas. A intensidade da secagem influenciará diretamente nas características do malte como cor, sabor e rendimento. Quanto mais intensa for a secagem, mais escura será a coloração final do produto. Além disso, grãos mais torrados resultam em maltes com menor rendimento, pois os carboidratos participam das reações de escurecimento, diminuindo a quantidade de carboidratos disponíveis para a fermentação (OETTERER et al., 2006; BRIGGS et al., 2004; VENTURINI FILHO, 2000).

As enzimas de maior importância para o processo cervejeiro estão presentes no malte, a alfa-amilase, beta-amilase e as proteases. Estas enzimas atuam em mostos ácidos, condição que está diretamente ligada com a extração de açúcares fermentáveis, os quais são originados durante a mosturação e utilizados pelas leveduras na fermentação, resultando na produção de álcool (CARVALHO, 2009).

Na Figura 2, apresenta-se o aspecto visual do malte em grão sem moer.

Figura 2 - Malte em Grãos



Fonte: Central Brew (2021)

3.3.3 Lúpulo

O lúpulo (*Humulus lupulus*), é uma planta trepadeira que produz flores ricas em resinas (que conferem amargor), polifenóis (com propriedades antioxidantes) e óleos essenciais (que conferem aroma). Na produção de cerveja, somente as flores fêmeas não fecundadas são utilizadas, pois somente nelas são encontradas em quantidades significativas, as glândulas de lupulina que contêm as substâncias químicas de interesse, isto é, as resinas, os polifenóis e os óleos essenciais. Além de conferir aroma e sabor, o lúpulo também é responsável pelo amargor e estabilidade coloidal da espuma, atuando como antimicrobiano e antioxidante, protegendo a cerveja de contaminantes microbiológicos e processos oxidativos (WANNENMACHER et al., 2018). A Figura 3 demonstra as flores de lúpulo utilizadas na fabricação de cerveja.

Figura 3 – Flores de Lúpulo



Fonte: Santos (2021)

Os óleos essenciais presentes no lúpulo, contribuem de forma significativa no aroma e sabor da cerveja. Com uma mistura complexa de mais de 250 componentes que apresentam notas florais, frutadas, especiarias, picantes, herbal, sulfuroso, terrosas, amadeirado, resinoso e cítricas, fazem parte da essência de muitos estilos de cerveja (KEUKELEIRE, 2000). A quantidade e a composição química dos óleos essenciais podem alterar de acordo com a variedade do lúpulo, as condições de cultivo, ponto de maturação no momento de colheita, condições de secagem, contato com o oxigênio do ar e as condições de armazenamento (DURELLO et al., 2019).

Já as resinas presentes no lúpulo, podem ser divididas em resinas macias e resinas duras. As resinas macias podem ainda ser subdivididas em α -ácidos e fração β -ácidos. São nas resinas macias que estão presentes os ácidos amargos do lúpulo, sendo este constituído de uma mistura de α -ácidos (humulonas) e β -ácidos (lupulonas), os quais podem variar de 5 a 21% da massa total do lúpulo em base seca. Já as resinas duras surgem por oxidação das resinas macias. À medida que o lúpulo envelhece durante o armazenamento, a concentração de resina dura aumenta, enquanto a quantidade de resina macia diminui (DURELLO et al., 2019).

A presença das humulonas no processo de fabricação da cerveja, contribuem para o gosto amargo da bebida, equilibrando o dulçor do malte e proporcionando um final refrescante. Além do amargor, as humulonas também contribuem na estabilidade coloidal da espuma, pois seus derivados hidrogenados, as tetrahydro-iso-humulonas e as hexahidro-iso-humulonas são capazes de promover um aumento no teor e na persistência da espuma da cerveja. Já a presença das lupulonas na cerveja, contribui para a sua estabilidade microbiológica, devido as suas ações antimicrobianas, e também apresenta atividade antioxidante, contribuindo também para a estabilidade química e sensorial da cerveja (SCHÖNBERGER; KOSTELECKY, 2011).

Os compostos fenólicos apresentam uma vasta classe de compostos, com diferentes características químicas. Constituem em média 4% da massa seca das flores do lúpulo e junto com os compostos fenólicos presentes no malte, são responsáveis pela atividade antioxidante do mosto cervejeiro e da cerveja, protegendo-os dos processos oxidativos (WANNENMACHER et al., 2018)

Basicamente, os compostos fenólicos de baixa massa molar, agem principalmente como antioxidantes, sequestradores de radicais livres, inibidores de lipoxigenases e quelando metais de transição envolvidos no processo oxidativos. Entretanto os compostos fenólicos de alta massa molar podem formar complexos com as proteínas, promovendo uma instabilidade coloidal na bebida, causando turbidez e nebulosidade (DURELLO et al., 2019). Com relação ao sabor, Goiris et al. (2014) relatam que ao adicionar extrato fenólico de lúpulo das seguintes classes: proantocianidinas, flavonóis glicosilados e flavonoides prenilados, concluíram que, com exceção das proantocianidinas (que causam adstringência), todos os demais extratos fenólicos foram altamente ativadores do

sabor da cerveja, com efeitos positivos, melhorando a “sensação de boca” da cerveja.

3.3.4 Levedura

A levedura não foi citada como ingrediente na lei de pureza alemã (Reinheitsgebot), de 1516, devido a sua natureza e importância ainda serem desconhecidos. A partir de 1876, com o trabalho de Pasteur, e os estudos sobre culturas puras de células, as leveduras ganharam importância na fermentação da cerveja. As leveduras não foram consideradas apenas um ingrediente, mas sim um ativo na fermentação, se tornando um dos maiores contribuintes para uma boa fermentação e produzindo cervejas com mais qualidade (AIZEMBERG, 2015).

O metabolismo da levedura pode ser tanto respiratório como fermentativo, dependendo da presença ou ausência de oxigênio. Em aerobiose, a levedura tende a respirar, metabolizando a glicose pela via glicolítica. Posteriormente, ocorre a oxidação do ácido pirúvico resultante pela via do ácido cítrico, gerando como subprodutos, água, dióxido de carbono (CO₂) e energia suficiente para a célula sobreviver e se dividir. Na ausência de oxigênio a levedura metaboliza a glicose pela via glicolítica e oxida os produtos pela via fermentativa alcóolica, gerando etanol, CO₂ e energia suficiente para sua sobrevivência (SANTOS, 2011).

Existem centenas de variedade de leveduras, que vem sendo utilizadas na produção de cerveja. Entretanto as leveduras, mais comumente utilizadas, se dividem em dois grandes grupos: leveduras de alta fermentação e as leveduras de baixa fermentação. Leveduras de alta fermentação são estreitamente relacionadas com as linhagens laboratoriais de *Saccharomyces cereviae*, habitualmente utilizadas em cerveja *ale*, em temperaturas mais elevadas (VENTURINI FILHO, 2010; TSCHOPE, 2001; VENTURINI FILHO et al., 2001;). Já as leveduras de baixa fermentação anteriormente denominadas de *Saccharomyces carlsbergensis*, e mais tarde renomeadas como *Saccharomyces pastorianus*, são utilizadas na fermentação de cervejas *lager* em temperaturas mais baixas (AIZEMBERG, 2015).

A escolha do tipo de levedura a ser utilizada influencia diretamente no sabor e aroma da cerveja. Embora o principal produto do metabolismo da levedura durante a fermentação seja o etanol, o seu impacto sobre o sabor da cerveja é

relativamente pequeno. Diversos fatores podem influenciar no sabor da cerveja, incluindo: a cepa da levedura, temperatura e pH da fermentação, o tipo e o nível de adjunto, o modelo do fermentador e a concentração do mosto (STEWART, 2000).

3.3.5 Adjuntos Cervejeiros

Os adjuntos cervejeiros podem ser definidos como qualquer ingrediente que é adicionado à cerveja, com um objetivo específico, além da água, malte, lúpulo e levedura. Adjuntos são itens diversos que são adicionados à cerveja pelos mais diversos motivos. Podem ser usados para modificar o sabor, odor, cor, características da água e até mesmo, em alguns casos, barateá-la.

Já, Morado (2009) afirma que o adjunto, ou aditivo mais comum é o açúcar, que pode ser de cana, de beterraba ou de milho. O açúcar fermenta facilmente e pode aumentar o teor alcoólico, sem encorpar à bebida. Geralmente, adiciona-se uma fruta ou seu suco para provocar uma segunda fermentação e incorporar novos sabores à cerveja.

A utilização de novos adjuntos na elaboração de cervejas especiais, vem se tornando um diferencial nas microcervejarias brasileiras. A adição de frutas tropicais como adjunto cervejeiro pode fornecer um produto inovador, além de serem uma fonte alternativa de açúcares para as leveduras. De modo geral, os adjuntos vegetais como frutas vermelhas e amarelas, podem agregar mais ao processo, pois contribuem com o aumento de compostos fenólicos (D'AVILA et al., 2012). Além disso, a busca por ingredientes diferenciados como fonte de compostos bioativos, ou características sensoriais atraentes, vem crescendo cada vez mais na elaboração de cervejas artesanais (DORDEVIC et al., 2016).

Estudos demonstram que a adição de outros ingredientes à cerveja, levam a um aumento no valor nutricional, além de agregar valor ao produto. Ducruet et al. (2017) acrescentaram *gojiberry*, na formulação da cerveja obtendo um aumento da capacidade antioxidante do produto elaborado e cerca de duas vezes o teor de compostos fenólicos. Panda et al. (2015), obtiveram resultados similares, ao adicionar flocos de batata roxa na formulação, tendo um aumento da capacidade antioxidante e a modificação da cor da cerveja para rosa.

3.4 CERVEJAS FRUTADAS

As frutas vêm sendo adicionadas as cervejas a centenas de anos, antes mesmo do lúpulo e foram muito famosas por equilibrar a acidez das cervejas belgas fermentadas espontaneamente. Durante um longo período as bebidas fermentadas com frutas eram encontradas em poucas áreas geográficas. Entretanto, nos últimos anos essas cervejas têm se tornado muito populares em vários países, e diversas cervejarias artesanais passaram a produzir esse estilo (MENTUS, 2010).

Na Bélgica a adição de frutas inteiras à cerveja *lambic* é algo muito tradicional. Os açúcares presentes nos frutos desencadeiam uma fermentação secundária, aliado a isto novos sabores e compostos bioativos, principalmente carotenoides e polifenóis, são extraídos dos frutos, assim a adição de frutas durante o processo de fermentação pode aumentar o conteúdo dos compostos bioativos da cerveja. Embora muitos estudos investiguem os efeitos dos processos tecnológicos e as matérias primas, são limitadas as informações disponíveis sobre os compostos saudáveis e a qualidade nutricional das cervejas comercialmente disponíveis (GRANATO et al., 2011; PIAZZON et al., 2010; LUGASI, 2003)

As cervejas com frutas ou Fruitbeer como são chamadas, é um estilo de cerveja muito peculiar, que requer um casamento harmonioso entre as frutas e a cerveja. O estilo parte de uma cerveja base, a qual se adiciona um determinado tipo de fruta, na intenção de melhorar o aroma e sabor, além de ser uma fonte de vitaminas e antioxidantes, obtendo uma bebida diferenciada, geralmente superior ao estilo base. De acordo com Morado (2009), a presença da fruta não deve se sobrepor ao estilo original, mas sim enriquecê-lo, sendo que as possibilidades desse arranjo são tão variados que permitem características diversas ao estilo.

No ano de 2018, o Brasil teve seu primeiro estilo de cerveja reconhecido pelo *Beer Judge Certification Program* (BJCP), a cerveja do estilo *Catharina Sour*. A *Catharina Sour* é uma cerveja de alta fermentação, leve e refrescante, com teor alcoólico entre 4 e 5,5%, amargor imperceptível, com acidez láctica limpa que é equilibrada pela adição de frutas frescas e pouco adstringente. Sua coloração pode variar de acordo com a fruta adicionada e/ou especiaria utilizada, sendo que as características da fruta devem estar evidenciadas, não remetendo a sabor

artificial e nem cozido. Deve apresentar um colarinho médio a alto e uma boa retenção de espuma. Seu amargor extremamente baixo entre 2 – 8 IBU (*International Bittering Units*"/Unidades Internacionais de Amargor) e a carbonatação moderadamente alta (BJCP, 2018). O estilo vem se popularizando nos eventos cervejeiros e está rompendo as fronteiras brasileiras fazendo com que o estilo seja produzido em outros países da América Latina.

Na literatura é possível encontrar diversos estudos que avaliaram a adição de frutas na fabricação de cerveja sob diferentes formas, (polpa, suco, extrato, casca) com diferentes quantidades e em diferentes etapas do processo de fabricação, mas não se tem um consenso de qual a melhor forma se adicionar a fruta a cerveja.

Gasinski et al. (2020) avaliaram a utilização de manga em diferentes versões (suco, polpa, homogeneizado cru e aquecido e em pedaços) com o objetivo de avaliar qual adição teria o maior impacto na composição de compostos voláteis na cerveja. A manga foi adicionada após sete dias de fermentação. Os resultados demonstraram que o conteúdo de compostos voláteis foi influenciado pela forma que a fruta foi adicionada. A cerveja com adição de polpa de manga teve o maior conteúdo de componentes voláteis (2112,14 µg / 100 mL) e alcançou os melhores resultados na análise sensorial nas características como aroma, sabor, cor e qualidade geral. A adição de suco de manga teve o maior impacto na melhora da atividade antioxidante da cerveja. A homogeneização da manga resultou em cerveja com maior teor de polifenóis e aroma, mas o tratamento térmico do referido homogeneizado diminuiu este efeito. Além disso, a maioria das cervejas com adição de manga teve um teor calórico inferior do que a amostra controle.

Sorbo & Broetto (2019) avaliaram as propriedades de uma cerveja do estilo pilsen, suplementada com polpa de maracujá. A polpa foi adicionada à cerveja na fase de refermentação (*priming*), em três concentrações diferentes: 100 % (120 ml de polpa integral), 50 % (60 ml de polpa e 60 ml de água) e 25 % (30 ml de polpa e 90ml de água). Como resultado obteve uma cerveja com incorporação de 388,8 mgEAG/100ml de compostos fenólicos e uma capacidade antioxidante 6,1463 TEAC/100g para a formulação com 100% polpa quando comparados com a cerveja base sem adição de polpa de maracujá. A análise sensorial demonstrou que a adição da fruta não alterou significativamente a

aceitação da cerveja, sendo que avaliadores do sexo masculino optaram pela cerveja com maior concentração de maracujá.

Jung et al. (2017) conduziram estudos para investigar as características de qualidade e potencial antioxidante da cerveja, após a adição de duas cultivares de pêssego. As frutas foram adicionadas no início da fermentação, nas concentrações de 30, 50 e 80 g/L, para ambas as variedades. Os autores concluíram que as adições de 50 g/L de fruta de ambas as variedades obtiveram os maiores teores de compostos fenólicos e também a melhor pontuação geral de aceitabilidade.

Martínez et al. (2017) avaliaram o uso de diferentes concentrações de suco de caqui na produção de cerveja frutada. O suco foi adicionado na etapa de fermentação nas concentrações 100: 0%, 75:25%, 50:50%, e 25:75% de mosto e suco de caqui, respectivamente. Os resultados demonstraram que a adição de suco de caqui alterou as concentrações de compostos fenólicos e da atividade antioxidante, sendo que a capacidade antioxidante foi significativamente maior na cerveja 100% malte do que naquelas contendo aumento quantidades de suco de caqui.

Entretanto não há relatos na literatura da produção de cerveja com frutas liofilizadas. Esse processo é uma técnica muito eficiente de desidratação e conservação de alimentos. As baixas temperaturas mantidas durante o processo de liofilização ajuda a evitar qualquer alteração das propriedades químicas, organolépticas e nutritivas dos alimentos. Como principais vantagens da liofilização estão estocagem à temperatura ambiente, redução drástica do peso do produto, manutenção das características nutricionais e sensoriais (cor, sabor, aroma e textura) do produto original, manutenção da forma, reidratação instantânea, segurança microbiológica, entre outras (METTA et al., 2012).

3.5 PHYSALIS PERUVIANA

Dentre as frutas com potencial como aditivo cervejeiro ainda não explorada está a physalis (*Physalis peruviana* L.). Ela é uma fruta tropical (ROCKENBACH et al., 2008a), pertencente à família *Solanaceae* (TOMASSINI et al., 2000), muito difundida no mercado internacional, principalmente por seu sabor

e suas características medicinais. Com cerca de 120 espécies cultivadas, principalmente na América do Sul e do Norte, sendo a *Physalis angulata* L., a *Physalis pubescens* L., a *Physalis alkekengi* L. e a *Physalis peruviana* L. as espécies que aprestam maior destaque, embora a *Physalis peruviana* L. seja a espécie mais importante economicamente (OLIVEIRA, 2016).

A physalis é uma baga carnosa, globular, que apresenta uma coloração amarelo alaranjada quando madura. Seu diâmetro pode variar entre 1,25 e 2,50 cm e peso entre 4 e 10 gramas (OLIVEIRA, 2016). O fruto se desenvolve dentro de um cálice formado por cinco pétalas que cobrem completamente o fruto durante o desenvolvimento e amadurecimento. O cálice serve de barreira, protegendo contra insetos, pássaros, patógeno e condições climáticas adversas (VELASQUEZ et al., 2007). Com a retirada do cálice, o período de armazenamento torna-se reduzido e o fruto mais perecível (MACHADO et al., 2019). A Figura 4 demonstra a fruta physalis com o cálice que serve como barreira de proteção.

Figura 4: Physalis com cálice de proteção



Fonte: Raniere (2015)

De acordo com Raman & Mörsel (2004) cada 100 g de physalis apresentam cerca de 78,9 g de umidade, 0,05 a 0,30 g de proteína, 0,15 a 0,20 g de lipídios, 19,6 g de carboidratos, 4,90 g de fibras e 1,00 g de cinzas. Silva et al. (2013) encontraram um teor de ácido ascórbico de 25,55 mg por 100 g. Com relação ao pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais, Rodrigues et al. (2014) encontraram, respectivamente, 3,46, 1,57% de ácido cítrico e 13,81°Brix.

Os frutos de *physalis* possuem altos teores de vitamina A, B e C. Também contém micronutrientes, como o Fe e Zn, e macrominerais, como o P, e pequena quantidade de Ca, compostos essenciais ou necessários para o funcionamento normal do nosso corpo (RAMADAN, 2011).

Embora os benefícios da *physalis*, estejam associados à sua composição nutricional, o fruto também contém componentes biologicamente ativos que fornecem benefícios para a saúde e reduzem riscos de certas doenças (PUENTE et al., 2011). O fruto contém compostos não nutrientes, denominados de antioxidantes, que apresentam efeitos fisiológicos e/ou metabólicos no organismo, tais como os compostos fenólicos e os carotenoides (MACHADO et al., 2019). Também estão presentes nos frutos as *physalinas*, substância imunossupressora importante para inibir respostas indesejadas que ocorrem por causa de doenças autoimunes, alergias e em transplante de órgão, além de apresentar atividade antitumoral (WU et al., 2005).

Em estudos realizados por Rockenbach et al. (2008), relatam teores de compostos fenólicos totais obtidos para extrato metanólico de 57,9 mgEAG/100 g de fruto fresco. Os teores de fenólicos totais observados neste estudo são superiores aos encontrados por Kuskoski et al. (2006) em polpa de abacaxi, cupuaçu e maracujá, que foram, respectivamente, de 21,7; 20,5 e 20,0 mgEAG/100g em peso fresco.

Embora a *physalis* possua um grande potencial como produto in natura, nos últimos anos a fruta vem sendo alvo de estudos na busca de alternativas de processamento para um melhor aproveitamento. Devido a sua característica ácida, a *physalis* obteve ótimo resultado quando utilizada na produção de geléias (RUTZ et al., 2012) e na elaboração de vinagre (GAITÁN, 2015). Buscando um melhor aproveitamento Sánchez et al. (2014) avaliou a utilização da *physalis* na produção de polpa, néctar e geléia. Os resultados demonstraram que tanto a polpa e o néctar como a geléia, são alternativas de aproveitamento para as frutas que não são comercializados in natura. A *physalis* também tem grande potencial para produção de produtos funcionais, os quais representam um mercado emergente de importância econômica (RAMADAN & MÖRSEL, 2004), devido aos altos níveis de antioxidantes, vitaminas, minerais e fibras (RAMADAN, 2011).

Por se tratar de um fruto climatérico, com elevada produção durante o período de colheita, buscam-se alternativas tecnológicas para aumentar a vida de

prateleira da physalis (MACHADO et al., 2019), de modo que as características originais sejam conservadas. A liofilização é uma excelente alternativa para suprir esta demanda e garantir a disponibilidade do fruto em períodos de entressafra (DUARTE et al., 2017). A utilização de baixas temperaturas e a ausência de água líquida durante o processo, faz com que a maioria das deteriorações e reações microbiológicas sejam interrompidas, obtendo um produto final de excelente qualidade (RATTI, 2001).

Quando comparado com outros métodos de desidratação, a liofilização é mais eficiente, por utilizar baixas temperaturas durante todo o processo, não degradando os compostos voláteis, preservando assim o aroma e sabor característico das frutas (VIEIRA et al., 2012). Estas mínimas alterações nas características sensoriais e nutricionais, faz com que a estabilidade do produto seja maior, podendo este ser armazenado em temperatura ambiente, com peso e o volume reduzido, possibilitando a redução nos custos com embalagem, armazenamento e transporte (BEZERRA, 2014).

Ao avaliar o comportamento pós colheita dos frutos do physalis in natura embalados a vácuo, desidratados em estufa de circulação de ar quente e liofilizados armazenados sob refrigeração em geladeira, Oliveira (2018) concluiu que dentre os processos de secagem testados o método da liofilização apresentou as melhores respostas para as características físico-químicas e conservação dos frutos ao final de 150 dias de armazenamento.

Já Santos et al. (2019), avaliou a degradação dos compostos bioativos do fruto physalis durante o processo de secagem em estufa de circulação de ar, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70° C. Os resultados demonstraram que todos os compostos bioativos analisados (antocianinas, flavonoides, carotenoides totais, compostos fenólicos) e atividade antioxidante apresentaram degradação com o incremento da temperatura de secagem de 40 °C para 70 °C.

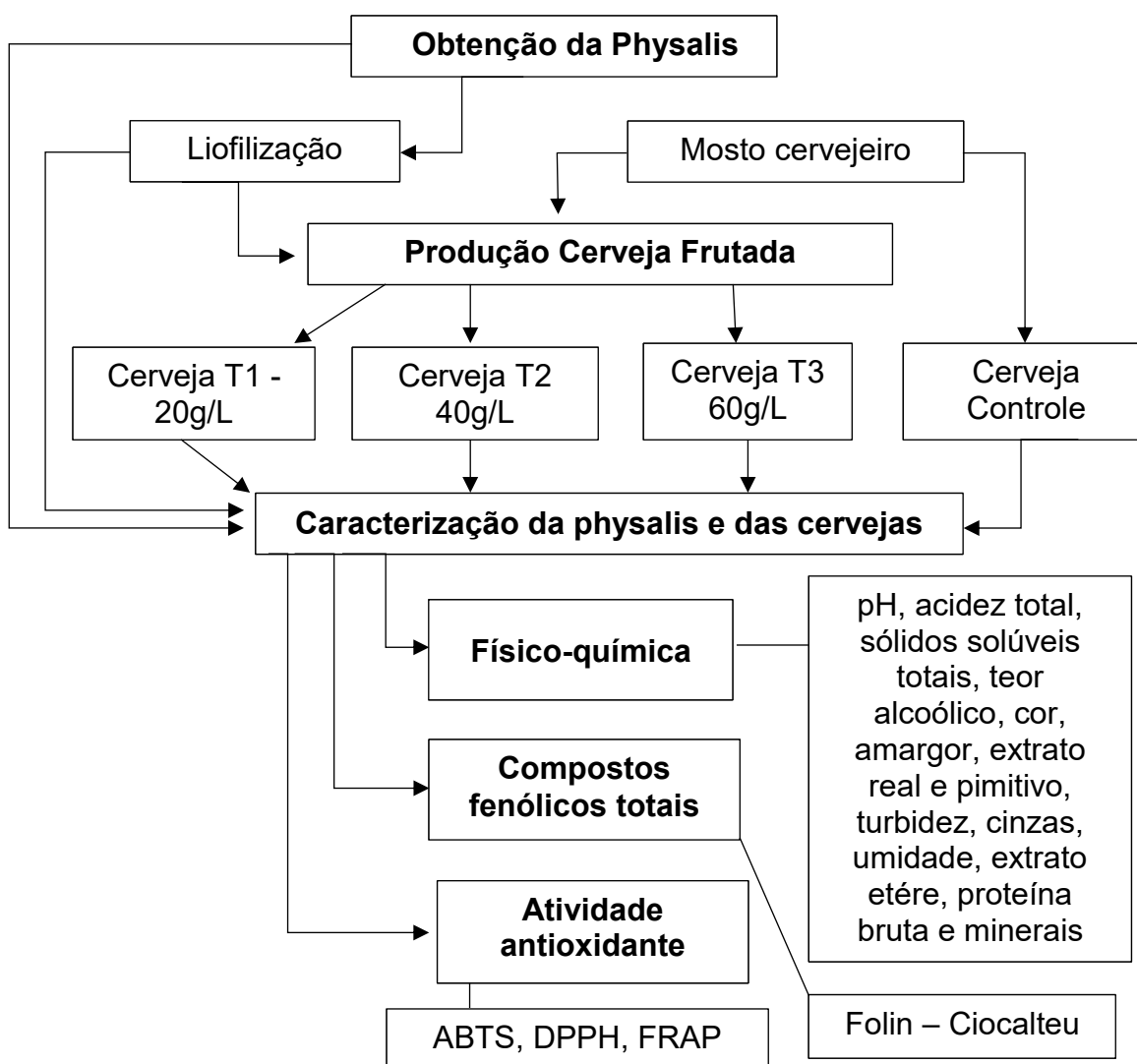
Diante do exposto, considerando que não há relatos técnicos de incorporação de frutas liofilizadas bem como de physalis sob qualquer forma à cervejas frutadas, a contribuição científica do presente projeto de mestrado foi a avaliação da viabilidade de tais processos na obtenção de cerveja. O estudo da utilização de physalis liofilizada na produção de cerveja contribuirá não somente pela possibilidade de utilização da fruta em todos os períodos do ano, como também incentivar a produção da fruta na região meio oeste de Santa Catarina,

alcançando um número maior de pessoas, para que todos possam usufruir dos benefícios desta fruta. A formulação de uma cerveja pode alcançar esse objetivo, pois é uma das bebidas mais consumidas do mundo e atinge várias camadas sociais da população.

4 MÉTODOS

A produção das cervejas contendo polpa liofilizada de physalis foi realizada nos laboratórios do Instituto Federal Catarinense (IFC) Campus de Videira, bem como as análises físico-químicas. As análises de atividades antioxidantes, compostos fenólicos totais foram realizadas nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Dois Vizinhos. As análises foram realizadas em triplicada, sendo os resultados expressos como médias \pm desvio padrão. Na Figura 5 são apresentadas as atividades realizadas neste estudo.

Figura 5: Fluxograma das atividades desenvolvidas



4.1 MATÉRIA-PRIMA

As frutas in natura de *Physalis peruviana L.* safra 2020, foram adquiridas no mês de junho, junto à loja Empório do Mirtino, situada na cidade de Itá/SC. Uma parte dos frutos foi destinada para caracterização físico-química, atividade antioxidantes e compostos fenólicos totais. O restante dos frutos foi liofilizado em liofilizador Liobras modelo L 101 sob temperatura e pressão fixas, por um período de 96 horas. Após a liofilização, a physalis foi moída em moinho de facas (modelo TT-FM.1000) até obtenção de um pó homogêneo. A Figura 6 apresenta a physalis após o processo de liofilização.

Figura 6: Physalis liofilizada



4.1.1 Análises físico-químicas

A determinação do pH foi realizada através do método potenciométrico em medidor de pH Alfakit, modelo AT355. A acidez total titulável foi determinada pelo método da titulação potenciométrica, e os resultados expressos em g de ácido cítrico/100g. O teor de sólidos solúveis totais foi mensurado em refratômetro de bancada analógico, com valor corrigido para 20°C e o resultado expresso em

°Brix. Todos os métodos foram realizados conforme metodologias reconhecidas e preconizadas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de *Kjeldahl* (AOAC, 1995), o qual quantifica o nitrogênio orgânico total. Para conversão do nitrogênio em proteína, multiplica-se o resultado pelo fator 6,25. A umidade foi determinada através da perda de peso das amostras aquecidas em estufa (Nova Ética, modelo 402/N) a 65 ± 1 ° C, até peso constante. As cinzas foram quantificadas através da incineração da amostra em mufla (Jung) a 550 ° C por 6 horas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O extrato etéreo foi obtido através de metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Pesou-se aproximadamente 2 gramas de amostras, previamente maceradas, em cartuchos de Soxhlet. Os cartuchos foram transferidos para o extrator tipo Soxhlet, ao qual foi acoplado um balão de fundo chato, previamente tarado a 105°C. A extração foi realizada utilizando éter de petróleo por um período de 12 horas. Ao término da extração o balão volumétrico foi transferido para uma estufa (Nova Etica, modelo 402/N) a 105° C, para evaporação do solvente, sendo em seguida resfriado em dessecador e pesados para determinação da quantidade de extrato etéreo. Os valores foram calculados de acordo com a Equação 1.

$$\text{Extrato etéreo } \frac{m}{m} = 100 \times \frac{N}{P}$$

(1)

Em que extrato etéreo é % massa/massa, N é lipídios (g) e P é o peso da amostra (g).

As análises para quantificação de minerais foram realizadas em equipamento de espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado Thermo Scientific - ICAP 6500 (Estados Unidos) equipado com software iTeVa Analyst. As amostras de *physalis* in natura e liofilizada foram dissolvidas em 5 mL de água régia (ácido clorídrico e ácido nítrico na proporção 3:1) e permaneceram em banho de ultrassom em temperatura ambiente, por 30 min. Uma alíquota de 1 mL dessa extração foi diluída para 50 mL com água Milli-Q. A curva analítica, incluindo o branco, foi preparada com uma solução de HNO₃ 1%

(v/v) na faixa de concentração de 0,010 - 2,0 mg/L, e os resultados expressos em mg/g.

4.1.2 Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante

A análise de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante da *physalis in natura* e *physalis* liofilizada foram determinados através dos extratos aquosos obtidos das frutas. Dez gramas de cada amostra (*in natura* e liofilizada) foram diluídas em 100 mL de água destilada, trituradas em liquidificador e filtradas. O material filtrado foi liofilizado e diluído em soluções metanólicas com concentração conhecidas.

Os teores de compostos fenólicos totais foram analisados utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (SINGLETON & ROSSI, 1965). Uma alíquota de 250 μ L do extrato de *physalis* foi misturada com 250 μ L do reagente Folin-Ciocalteu (diluído em água destilada, 1:1 v / v) 500 μ L de solução saturada de carbonato de sódio e 4 mL de água destilada. Após 25 min em repouso, a mistura foi centrifugada por 10 min a 5000 rpm e a absorbância foi lida em um espectrofotômetro (Analyser, 850 MI) a 725 nm. Soluções metanólicas de ácido gálico com concentrações conhecidas na faixa de 0 - 250 mg/L foram utilizadas para traçar a curva de calibração. Os resultados foram expressos em mg equivalentes de ácido gálico por 100g (mgEAG/100g).

A determinação da atividade antioxidante por DPPH (2,2 – difenil – 1 - picril-hidrazil) foi medida usando o método descrito Brand-Williams et al. (1995) com modificações (MA et al., 2011). As amostras de extratos de *physalis* (25 μ L) foram adicionados a 2 mL de solução metanólica de DPPH $6,25 \times 10^{-5}$ mol/L. A leitura em absorbância no comprimento de onda de 517 nm em espectrofotômetro (Analyser, 850 MI), foi realizada após a mistura permanecer em repouso à temperatura ambiente por 30 min. Soluções metanólicas de Trolox com concentrações conhecidas na faixa de 0 – 2000 μ mol/L foram usados para traçar a curva de calibração, e os resultados foram expresso como μ mol equivalentes de Trolox por 100g (μ molTEAC/100g).

A avaliação da atividade antioxidante por ABTS⁺ (2,2-azino-bis-(3-etil-benzotiazolína-6-ácido sulfônico)) foi baseado no método desenvolvido Re et al. (1999) com algumas modificações (RUFINO et al., 2010). O radical foi gerado pela

reação do ABTS⁺ (7 µmol/L) com persulfato de potássio 140 mM e mantida por 16 horas ao abrigo da luz em temperatura ambiente. A solução ABTS⁺ foi diluída com etanol para obter absorvância de $0,70 \pm 0,02$ a 734 nm. A leitura em absorvância em espectrofotômetro (Analyser, 850 MI) foi realizada 6 minutos após a adição de 30 µL de extrato de physalis com 3 mL da solução ABTS⁺. Soluções etanólicas de Trolox com concentrações conhecidas na faixa de 0 – 2000 µmol/L foram usados para traçar a curva de calibração, e os resultados foram expressos como µmol equivalentes de Trolox 100g (µmolTEAC/100g).

A determinação da atividade antioxidante pelo método de potencial redutor do íon férrico (FRAP) seguir a metodologia de Benzie & Strain (1996). O reagente FRAP foi preparado pela mistura das seguintes soluções: tampão de acetato (0,3 mol/L) pH (3,6), TPTZ (2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina) (10,0 mmol/L) e FeCl₃ (20,0 mmol/L) na proporção de 10: 1: 1, respectivamente. 100 µL de extrato de physalis, 300 µL de água destilada foram adicionados a 3,0 mL do reagente FRAP, que foi mantido no escuro por 30 min a 37 ° C. A absorvância em espectrofotômetro (Analyser, 850 MI) foi medida em comparação com o branco em 593 nm. Soluções aquosas de Fe (II) com concentrações conhecidas na faixa de 0-1500 µmol/L (FeSO₄.7H₂O) foram usados para a curva de calibração e os resultados foram expressos como µmolFe²⁺/100g.

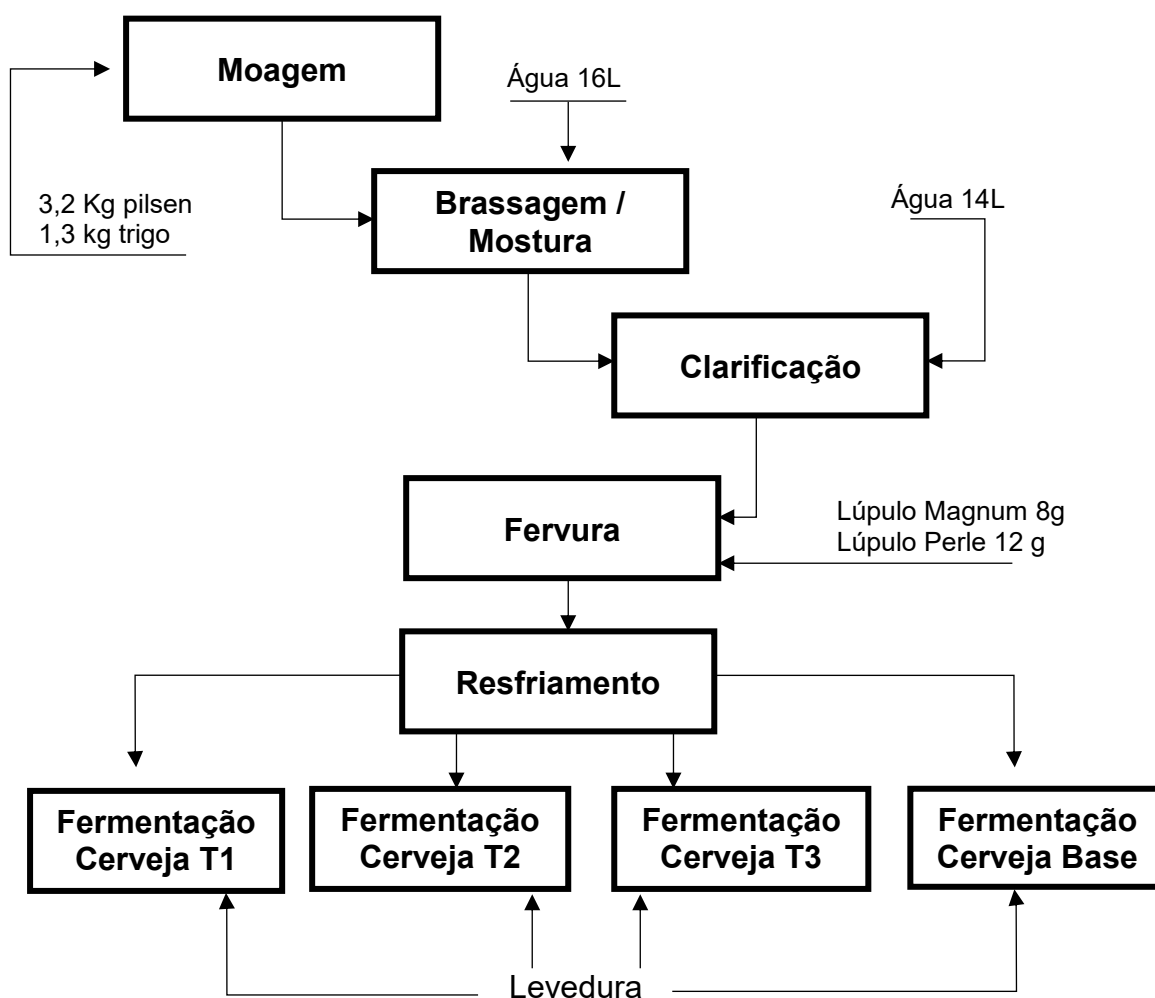
4.2 OBTENÇÃO DA CERVEJA BASE

Inicialmente foram produzidos 20 litros de mosto cervejeiro, conforme Curi et al. (2009) com algumas adaptações (Pinto et al., 2015). Foram utilizados 30 litros de água mineral (Puris, Brasil), 3,2 Kg de malte de cevada tipo pilsen e 1,3 Kg de malte de trigo, ambos produzidos pela maltaria Agrária (Brasil). Também foram utilizados 8 g de lúpulo Magnum (tipo amargor) em pellets, 10 g do lúpulo Perle (tipo aromático) em pellets (Hallertau, Alemanha) e 11,5g de levedura Nottingham (Lallemand, Canadá) sendo todos estes insumos adquiridos em uma loja especializada em insumos cervejeiros, na cidade de Joaçaba/SC.

Em uma tina de mosturação equipada com fundo falso, 16 L de água foram aquecidos a 55 °C. Os maltes tipo pilsen (3,2 Kg) e malte de trigo (1,3 Kg) previamente moídos em moinho de disco manual (Guzzo, Brasil), foram adicionados à tina de mosturação. A infusão do malte se deu quando a água

atingiu a temperatura de 55°C. Na etapa de brassagem o malte foi mantido a 55 °C por 10 min. Transcorrido o tempo iniciou-se o aquecimento gradativo (1°C/mim) até 65 °C, repousando por 60 min. O processo de aquecimento lento foi efetuado novamente até atingir 75 °C e mantido em repouso por 10 min. Ao final da mosturação, realizou-se o teste de iodo, para confirmação da sacarificação completa do amido. Na Figura 7 são apresentadas as etapas para a obtenção da cerveja base.

Figura 7 - Fluxograma de produção da cerveja base



O mosto (primário) foi separado do bagaço do malte por meio de filtração convencional, sob pressão atmosférica, sendo a própria torta de filtração (bagaço de malte) usada como elemento filtrante. Depois da filtração do mosto primário, a torta foi lavada com 14 litros de água (80 °C), para extração do açúcar residual, obtendo-se o mosto secundário. A mistura de ambos (mosto misto) foi fervida (±

100 °C) à pressão atmosférica durante 60 minutos, sendo que, aos 60 minutos de ebulição, foi adicionado 8 g de lúpulo Magnum em pellets. Aos 5 minutos finais foi adicionado mais 12 g de lúpulo Perle em pellets.

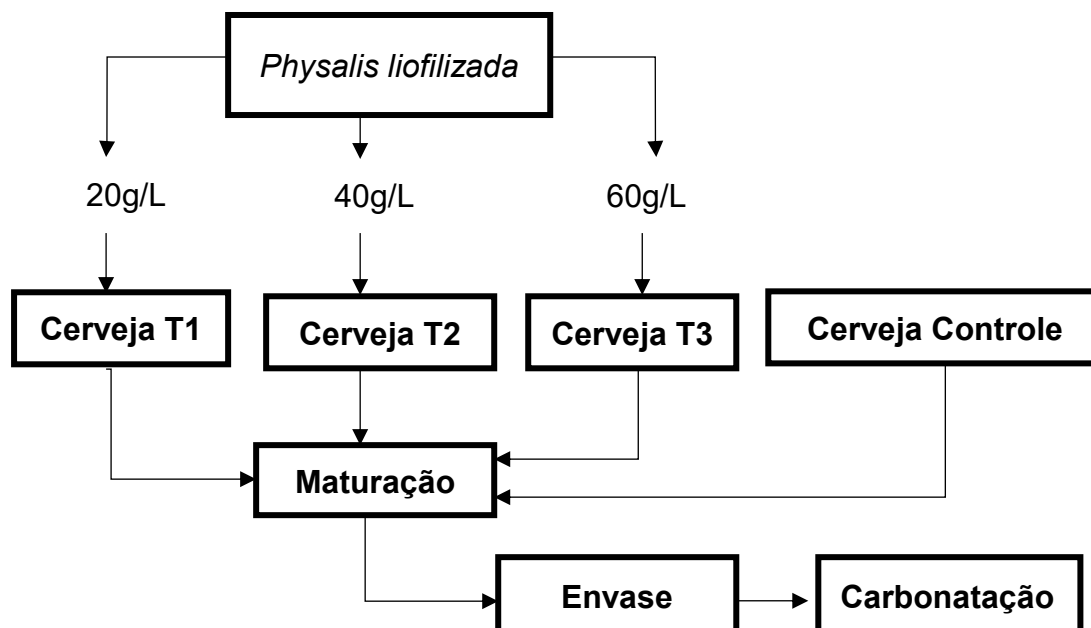
Em seguida se efetuou o resfriamento do mosto, onde o mesmo foi retirado da panela de fervura através de um sistema de sucção por meio de um sifão acoplado a uma mangueira de silicone, cuidadosamente retirando somente o mosto acima da camada de proteínas precipitadas. O filtrado foi dividido em quatro alíquotas iguais em recipientes fermentadores, nas quais foram adicionadas as leveduras em concentração indicada pelo fabricante.

Os fermentadores foram tampados e deixados em repouso, fermentando sob 18°C, por um período de sete dias.

4.3 PRODUÇÃO DA CERVEJA FRUTADA

Ao terceiro dia de fermentação as cervejas foram adicionadas de alíquotas de *Physalis* liofilizada, em diferentes concentrações: fermentador 1 (T1) 20 g/L, fermentador 2 (T2) 40 g/L, fermentador 3 (T3) 60 g/L e o fermentador 4 (controle) não recebeu a adição de *Physalis*, sendo este utilizado como controle para fins de posterior comparação entre as demais formulações. Na Figura 8 são apresentadas as etapas para a obtenção da cerveja frutada.

Figura 8 - Fluxograma de produção da cerveja frutada



Ao término da fermentação, as cervejas foram maturadas a uma temperatura de 2°C por um período de 10 dias para clarificação (ALVES et al., 2020). Após a maturação, as cervejas foram engarrafadas em garrafas apropriadas de 300mL, limpas, sanitizadas e identificadas. Dentro de cada garrafa também foi adicionado uma solução de açúcar comercial na concentração de 6 g/L, previamente fervida e resfriada. As garrafas foram lacradas e permaneceram por 7 dias sob 20°C para completar a carbonatação.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DA CERVEJA FRUTADA

4.4.1 Análises físico-químicas

A determinação do pH, acidez total titulável, teor de sólidos solúveis totais, teor de proteína bruta e a concentração de cinzas, foram realizadas conforme descrição do Item 4.1.1.

A determinação do teor alcoólico à 20° C foi realizada a partir do método de conversão da densidade relativa a 20°C em graduação alcoólica (% em volume). Inicialmente transferiu-se 100 mL de amostra de cerveja para o conjunto de destilação, sendo destilado $\frac{3}{4}$ da amostra inicial. O destilado foi recolhido em balão volumétrico de 100 mL, sendo seu volume completado com água destilada e a temperatura ajustada em 20 °C. A densidade relativa foi então determinada com o auxílio de um picnômetro de 25 mL. Os valores de densidade relativa, foram então convertidos em teor alcoólico utilizando a tabela porcentagem de álcool em volume a 20°C (% v/v) correspondente a densidade relativa (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

A determinação da cor da cerveja utilizou o método de espectrofotometria, onde as amostras foram medidas em cubetas de quartzo a um comprimento de onda de 430nm e os resultados foram calculados pela Equação 2 (EBC - EUROPEAN BREWERY CONVENTION, 2005):

$$Cor = Abs_{430\text{ nm}} \times 25 \quad (2)$$

Em que Cor é dado em unidades de EBC (European Brewing Convention) e $Abs_{430\text{ nm}}$ é absorvância em comprimento de onda de 430 nanômetros.

O amargor expresso como International Bitterness Unit (IBU) foi determinado após extração por iso-octano (2,2,4-trimetilpentano) das substâncias responsáveis pelo amargor do lúpulo, os iso- α -ácidos. Para a determinação do amargor, 20 mL de cada amostra foram acidificadas à 0,5 mL de HCl 6,0 mol L⁻¹ e misturados com 20 mL de iso-octano, seguido de medição espectrofotométrica em comprimento de onda de 275 nm em cubeta de quartzo de 10 mm, conforme a metodologia descrita por Philpott et al. (1997). No equipamento espectrofotômetro com o valor obtido, o resultado do amargor foi calculado pela Equação 3.

$$\text{Amargor} = \text{Abs}_{275 \text{ nm}} \times 50 \quad (3)$$

Em que Amargor é dado em unidades de IBU (International Bitterness Unit) e $\text{Abs}_{275 \text{ nm}}$ é absorvância em comprimento de onda de 275 nanômetros.

Para a determinação do extrato real, as amostras foram submetidas à evaporação por 1 hora em estufa a uma temperatura média de 105 °C, obtendo-se a massa do resíduo seco, valores de extrato real é calculado pela Equação 4 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008):

$$\text{Extrato Real } \% \frac{m}{V} = \frac{(100 \times P)}{V} \quad (4)$$

Em que Extrato Real é % de massa/volume, P é massa do resíduo (g) e V é volume da amostra (mL).

O extrato primitivo das cervejas foi calculado segundo a fórmula de Balling (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008) conforme a Equação 5:

$$\text{Extrato Primitivo } \% \frac{m}{m} = \frac{\{(P \times 2.066) + Er\} \times 100}{[100 + (P \times 1.066)]} \quad (5)$$

Em que Extrato Primitivo é % de massa/massa, P é a % de álcool em peso e Er é a % massa/volume de extrato real.

A turbidez foi determinada por leitura direta em turbidímetro, e o valor expresso em NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

Para a quantificação de minerais nas quatro amostras de cerveja T1, T2 T3 e Controle, as amostras foram filtradas e uma alíquota de 5mL foi diluída para 50 mL em uma solução de ácido nítrico 1%. As análises foram realizadas em equipamento de espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado Thermo Scientific - ICAP 6500 (Estados Unidos) equipado com software iTeVa Analyst. A curva analítica, incluindo o branco, foi preparada com uma solução de HNO₃ 1% (v/v) na faixa de concentração de 0,010 - 2,0 mg/L, e os resultados expressos em mg/L.

4.4.2 Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante

Os teores de compostos fenólicos totais foram analisados utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (SINGLETON & ROSSI, 1965). Uma alíquota de 250 µL de cerveja foi misturada com 250 µL do reagente Folin-Ciocalteu (diluído em água deslilada, 1:1 v / v) 500 µL de solução saturada de carbonato de sódio e 4 mL de água destilada. Após 25 min em repouso, a mistura foi centrifugada por 10 min a 5000 rpm e a absorbância foi lida em um espectrofotômetro (Analyser, 850 MI) a 725 nm. Soluções metanólicas de ácido gálico com concentrações conhecidas na faixa de 0 - 250 mg/L foram utilizadas para traçar a curva de calibração. Os resultados foram expressos em mg equivalentes de ácido gálico por litro (mgEAG/L).

A determinação da atividade antioxidante por DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) foi medida usando o método descrito Brand-Williams et al. (1995) com modificações (MA et al., 2011). As amostras de cervejas (25 µL) foram adicionados a 2 mL de solução metanólica de DPPH $6,25 \times 10^{-5}$ mol/L. A leitura em absorbância no comprimento de onda de 517 nm em espectrofotômetro (Analyser, 850 MI), foi realizada após a mistura permanecer em repouso á temperatura ambiente por 30 min. Soluções metanólicas de Trolox com concentrações conhecidas na faixa de 0 – 2000 µmol/L foram usados para traçar a curva de calibração, e os resultados foram expresso como µmol equivalentes de Trolox por litro (µmolTEAC/L).

A avaliação da atividade antioxidante por ABTS⁺ (2,2'-azino-di-(3-ethylbenzthiazoline sulfonic acid)) foi baseado no método desenvolvido Re et al. (1999) com algumas modificações (RUFINO et al., 2010). O radical foi gerado pela

reação do ABTS⁺ (7 µmol/L) com persulfato de potássio 140 mM e mantida por 16 horas ao abrigo da luz em temperatura ambiente. A solução ABTS⁺ foi diluída com etanol para obter absorvância de $0,70 \pm 0,02$ a 734 nm. A leitura em absorvância em espectrofotômetro (Analyser, 850 MI) foi realizada 6 minutos após a adição de 30 µL de cerveja com 3 mL da solução ABTS⁺. Soluções etanólicas de Trolox com concentrações conhecidas na faixa de 0 – 2000 µmol/L foram usadas para traçar a curva de calibração, e os resultados foram expressos como µmol equivalentes de Trolox por litro (µmolTEAC/L).

A determinação da atividade antioxidante pelo método de potencial redutor do íon férrico (FRAP) seguir a metodologia de Benzie & Strain (1996). O reagente FRAP foi preparado pela mistura das seguintes soluções: tampão de acetato (0,3 mol/L) pH (3,6), TPTZ (10,0 mmol/L) e FeCl₃ (20,0 mmol/L) na proporção de 10: 1: 1, respectivamente. 100 µL de cerveja, 300 µL de água destilada foram adicionados a 3,0 mL do reagente FRAP, que foi mantido no escuro por 30 min a 37 ° C. A absorvância em espectrofotômetro (Analyser, 850 MI) foi medida em comparação com o branco em 593 nm. Soluções aquosas de Fe (II) com concentrações conhecidas na faixa de 0-1500 µmol/L (FeSO₄.7H₂O) foram usados para a curva de calibração e os resultados foram expressos como µmolFe²⁺/L.

4.5 ANÁLISE DE CUSTOS DE PRODUÇÃO DA CERVEJA FRUTADA

A análise do custo da cerveja produzida com adição de physalis liofilizada foi realizada com base nos valores de aquisição das matérias-primas e custos de operação do liofilizador. Neste estudo não foram levados em consideração a aquisição de equipamentos e os valores de impostos aplicados sobre a cerveja.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das análises da physalis in natura, liofilizada e das cervejas frutadas, foram apresentados sob forma de valores médios e desvio padrão.

Para os resultados das análises físico-químicas, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante da *physalis* in natura e liofilizada foram realizadas análise de variância (ANOVA), seguida do teste F, e as médias comparadas pelo teste T de Student.

Nos resultados das cervejas frutadas, a comparação das médias dos tratamentos foi feita pela análise de variância (ANOVA), seguida do teste F. Quando verificado significância, a análise foi complementada pelo teste de Tukey, com nível de confiabilidade de 95% ($p\text{-valor} < 0,05$). Para a análise estatística foi utilizado o *software* ASSISTAT.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO FRUTO DE PHYSALIS IN NATURA E LIOFILIZADA

Os resultados da análise de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais da physalis in natura e liofilizada estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Análises físico-químicas da physalis in natura e liofilizada

Parâmetros Analisados	In natura	Liofilizada	p
pH	3,49 ± 0,02 *	3,70 ± 0,03 *	0,0005
Acidez total titulável (g de ácido cítrico/100g)	1,66 ± 0,01 *	5,28 ± 0,17 *	<0,0001
Sólidos solúveis totais (°Brix)	13,83 ± 0,15 *	48,56 ± 0,95 *	<0,0001

Médias e desvios padrão em triplicata. * Houve diferença estatística pelo teste t de Student ($p < 0,05$)

O valor de pH encontrado para a physalis in natura foi de 3,49, mostrando se tratar de uma fruta ácida. Valores um pouco superiores foram encontrados por Lima et al.(2013), apontando um valor de 3,59 para frutos cultivados no estado do Rio Grande do Sul. Já Rodrigues et al., (2014), e Carrasco & Zelada (2008), encontraram valores menores, sendo relatado 3,46 para frutos cultivados em casa de vegetação, e 3,43 para frutos oriundos do Peru, respectivamente.

O pH da physalis liofilizada sofreu um pequeno aumento, em relação à physalis in natura. De acordo com Vaga (1998), é esperado que o processo de secagem traga valores menores de pH devido a concentração dos ácidos presentes na fruta, o que não ocorreu no presente estudo. O aumento do pH em amostras liofilizadas também foi reportada em estudo conduzido por Oliveira et al. (2011) em frutos de sapoti liofilizados e pode estar relacionado à perda de compostos ácidos durante a secagem (ÇALIŞKAN et al., 2015)

Ainda em relação ao pH da physalis liofilizada, Oliveira (2018) avaliou o efeito dos métodos de conservação nas características físico-químicas dos frutos da *Physalis angulata* L. in natura embalados à vácuo, liofilizados e desidratados a 60 °C, todos armazenados por 150 dias. Dentre os resultados obtidos podemos ressaltar que houve estabilidade apenas no parâmetro de pH da amostra liofilizada, fator este que indica a eficácia deste método de conservação. Em frutos climatérios como o é o caso da physalis há uma tendência ao aumento do pH após a colheita por consequência da redução dos níveis de ácidos orgânicos (GALVIS et al., 2005), entretanto manter os níveis de pH estáveis confere proteção ao produto, além de exercer efeito sinérgico aos teores de atividade de água (AZEREDO & BRITO, 2004).

A acidez total titulável da physalis in natura foi de 1,66 g ácido cítrico/100 g. Os valores condizem com Licodiedidoff et al. (2013), os quais descreveram valores que variaram de 1,51 a 1,83 g ácido cítrico/100 g para frutos de *Physalis peruviana* analisados no início e final da maturação. Valores menores foram citados por Lima et al. (2013) relatando valores de 0,89 g ácido cítrico/100 g.

Os teores de acidez titulável total da physalis liofilizadas apresentou aumento significativo em relação a physalis in natura, sendo obtido o valor de 5,28 g ácido cítrico/100g. Ao caracterizarem físico-quimicamente a polpa de sapoti, Oliveira et al. (2011) obtiveram resultados de acidez de 0,083% e 0,247% para polpa in natura e liofilizada, respectivamente. Duarte et al. (2006) em estudos semelhantes com manga in natura também relatou um aumento significativo no teor de acidez, a manga in natura apresentou 0,37% enquanto a liofilizada apresentou 4,17%. O aumento da acidez está relacionado com a perda de água na amostra e a concentração dos compostos provocada pelo processo de secagem.

A physalis in natura, utilizada neste estudo, apresentou teores de sólidos solúveis totais (SST) de 13,83 ° Brix, valor muito próximo ao relatado por Rodrigues et al. (2014) que foi de 13,81 ° Brix. Comumente essa quantidade varia entre 13 a 15 ° Brix, como demonstra Licodiedidoff et al. (2013) e Galvis et al. (2005) em seus estudos. A variação no teor de SST está associada as características do próprio fruto, podendo variar com o local de produção, estágio de maturação e variedade analisada.

Para a physalis liofilizada houve um aumento na concentração de SST de quase quatro vezes, em relação a physalis in natura, o que de fato já era esperado, decorrente da eliminação de parte da água do produto no processo de secagem, conduzindo a uma concentração dos sólidos. Comportamento semelhante foi relatado nos estudos de Duarte et al. (2006) com manga liofilizada, onde a fruta in natura apresentou um valor de 14,20 ° Brix e a liofilizada apresentou valores de 67,20 ° Brix.

Os resultados obtidos para a composição físico-química em termos de umidade, cinzas, extrato etéreo e proteína bruta da physalis in natura e liofilizada podem ser visualizados na Tabela 2, onde podemos observar que o processo de liofilização resultou no aumento das concentrações de cinzas, extrato etéreo e proteína bruta. Esses aumentos de concentrações estão relacionados com a retirada de água, ocorrendo a concentração de nutrientes na massa restante, ou seja, os compostos encontram-se em maior quantidade por unidades de massa nos produtos secos, do que produtos similares frescos (MATOS, 2005).

Tabela 2 – Análises físico-químicas da physalis in natura e liofilizada

Parâmetros Analisados	In natura	Liofilizada	p
Umidade	81,15 ± 0,96 *	12,94 ± 0,35 *	<0,0001
Cinzas	1,04 ± 0,18 *	4,10 ± 0,07 *	<0,0001
Extrato Etéreo	0,43 ± 0,032 *	1,72 ± 0,105 *	<0,0001
Proteína Bruta	0,89 ± 0,09 *	6,93 ± 0,30 *	<0,0001

Médias e desvios padrão em triplicata. * Houve diferença estatística pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

A umidade presente na physalis in natura foi de 81,15%, valor muito próximo ao obtido por Flores et al. (2017) e Rodrigues et al. (2009), que relataram valores de 80,74% e 80,97%, respectivamente. Após o processo de liofilização, foi obtido uma umidade seis vezes menor em relação a physalis in natura. Oliveira (2018) em seu estudo com *Physalis angulata L.* também relata uma diminuição da umidade, sendo 83,44% para a amostra in natura e 7,64% para a amostra liofilizada.

A legislação para frutas liofilizadas (Resolução CNNPA n° 12 de 24/07/1978), estabelece um valor máximo de 5% de umidade para produtos liofilizados, visando minimizar a deterioração da cor, alterações de sabor e de odor

induzidos pelas reações oxidativas e também restringir o desenvolvimento de microrganismo (BRASIL, 1978). Dessa forma a physalis liofilizada apresentou valor superior, fator esse que pode ser atribuído à presença de frutose, o que faz com que o processo de liofilização tenha uma eficiência menor devido a formação de estruturas amorfas formadas durante o processo de congelamento, e não mantiveram a estabilidade durante o processo de liofilização, conforme relatado por Carlos et al. (2005) para a liofilização de sistemas-modelo de açúcares contendo frutose em sua constituição.

Em relação ao teor de cinzas o valor encontrado de 1,04% para a physalis in natura e de 4,10% para a physalis liofilizada, valores próximos aos relatados por Oliveira (2018) 1,00 e 4,24 % para amostras de *Physalis angulata* L. in natura e liofilizada, respectivamente. O teor de cinzas da physalis in natura também condiz com o estudo de Licodiedidoff et al. (2013) 0,99%.

O conteúdo médio de lipídeos na physalis in natura, foi de 0,43%, resultado inferior aos encontrados por Zimmer (2019) e Oliveira et al. (2011a), os quais descreveram conteúdos de 1,96% em *Physalis pubescens* e 0,59% em *Physalis angulata* respectivamente. De acordo com Rodrigues et al. (2009), a composição de ácidos graxos da fração lipídica de *Physalis peruviana*, é composta principalmente por ácido linoléico (72,42%) e ácido oléico (13%), sendo estes importantes na prevenção de doenças cardiovasculares, aterosclerose e hipertensão.

Os teores médios de lipídios para a amostra liofilizada foram de 1,72%, representando uma concentração quatro vezes maior que a physalis in natura. Esse mesmo comportamento foi descrito por Santos et al. (2020) para frutos de tamarindo em que a fruta in natura apresentou 0,30% e a fruta liofilizada 1,93%.

O teor de proteína para a physalis in natura neste estudo foi de 0,89%, valor próximo ao relatado por Oliveira et al. (2011a), que relatou 0,85% para *Physalis angulata*. Já Ramadan (2011) obteve um valor menor 0,3%, entretanto, Rodrigues et al., (2009) informa um valor de 1,85%, ambos para *Physalis peruviana*. Já os teores de proteína na amostra liofilizada foram muito superior ao da physalis in natura, o que também foi relatado por Oliveira (2018) em estudo com *Physalis angulata*.

Na análise de minerais da physalis in natura e liofilizada não foram identificados os minerais Mo (molibdênio), Se (selênio) e B (boro). Os níveis de

Co (cobalto), Al (alumínio), Zn (zinco), Mn (manganês) e Ni (níquel) na amostra liofilizada não apresentaram diferença significativa em relação a amostra in natura. O restante dos minerais analisados, Na (sódio), Li (lítio), K (potássio), S (enxofre), Ca (cálcio), P (fósforo), Mg (magnésio), Cr (crómio), Cu (cobre) e Fe (ferro), a amostra liofilizada apresentou valores superiores à physalis in natura. As concentrações de minerais presentes na physalis in natura e liofilizadas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição mineral (mg/g) da physalis in natura e liofilizada

Elemento	In natura	Liofilizada	p
Co	0,002 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,1369
Al	0,040 ± 0,023	0,048 ± 0,045	0,8072
Na	0,189 ± 0,073 *	0,484 ± 0,034 *	0,0031
Li	<0,001 ± 0,000 *	0,001 ± 0,000 *	0,0078
K	25,835 ± 0,892 *	126,886 ± 1,949 *	<0,0001
S	0,820 ± 0,405 *	6,052 ± 0,221 *	<0,0001
Zn	0,052 ± 0,012	0,746 ± 0,554	0,0959
Mn	0,011 ± 0,008	0,025 ± 0,019	0,3096
Ca	0,639 ± 0,074 *	2,288 ± 0,133 *	<0,0001
P	0,626 ± 0,085 *	6,981 ± 0,614 *	<0,0001
Mo	ND	ND	--
Se	ND	ND	--
Mg	0,804 ± 0,108 *	5,359 ± 0,122 *	<0,0001
Ni	0,001 ± 0,001	0,001 ± 0,001	0,7646
B	ND	ND	--
Cr	0,002 ± 0,001 *	0,007 ± 0,001 *	0,0006
Cu	0,016 ± 0,012 *	0,076 ± 0,05 *	0,0014
Fe	0,069 ± 0,034 *	0,159 ± 0,017 *	0,0152

Médias e desvios padrão em triplicatas. * Houve diferença estatística pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

Dentre todos os minerais analisados, o potássio apresentou a maior concentração (25,835 mg/g) na physalis in natura, seguida pelo enxofre (0,820 mg/g) e o magnésio (0,804 mg/g). O cálcio (0,639 mg/g) e o fósforo (0,626 mg/g)

também apresentaram valores significativos. Os valores de Ca, P e Fe apresentados na Tabela 3 são superiores aos relatados por Ramadan & Mörsel (2004) 0,080, 0,553 e 0,012 mg/g, respectivamente. Leterme et al., (2006) ao avaliar a composição mineral de diversas frutas oriundas da Colômbia, também apresentou valores menores para Ca, P, K, Mg, Na e S para physalis, quando comparado com o presente estudo.

Na physalis liofilizada os valores analisados também apresentaram superioridade quando comparados com os relatados por Rockett et al. (2020), o qual avaliou a concentração de minerais em physalis obtidas em diferentes cidades da região sul do Brasil (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina). O autor relata valores que variaram entre 0,331 e 0,497 mg/g para Ca, 0,006 e 0,012 mg/g para Cu, 0,042 e 0,054 mg/g para Fe, 20,682 e 25,007 mg/g para K, 1,408 e 1,771 mg/g para Mg, 0,010 e 0,015 mg/g para Mn, 0,145 e 0,256 mg/g para Na, 1,828 e 3,394 para P e 0,015 a 0,021 mg/g para Zn.

Os níveis de minerais presentes na physalis in natura e conseqüentemente na physalis liofilizada podem ser associados ao tipo de solo, adubação utilizada no cultivo da planta, clima, época do ano e variabilidade genética (LETERME et al., 2006). Oliveira (2018) analisou a influência das adubações nos teores de minerais nos frutos do physalis. Os resultados apontaram que as adubações testadas apresentaram influência significativa ($p < 0,05$) nos teores dos minerais Ca, Mg, P, Zn e Fe, dos frutos, entretanto apenas o Mn que não sofreu influência das adubações.

5.2 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO FRUTO DE PHYSALIS IN NATURA E LIOFILIZADA

Na Tabela 4 encontram-se expressos os resultados para os valores de compostos fenólicos e atividade antioxidante analisadas na physalis in natura e liofilizada.

Tabela 4 – Teores de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante

Método	In natura	Liofilizada	p
CFT (mgEAG/100g)	12,21 ± 1,50 *	47,37 ± 1,34 *	<0,0001
ABTS (µmolTEAC/100g)	67,61 ± 5,00 *	158,60 ± 23,25 *	0,0027
DPPH (µmolTEAC/100g)	44,26 ± 0,93 *	133,32 ± 5,48 *	<0,0001
FRAP (µmolFe ²⁺ /100g)	140,31 ± 4,44 *	588,40 ± 18,28 *	<0,0001

Médias e desvios padrão em triplicatas. * Houve diferença estatística pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

No presente estudo a concentração de composto fenólicos totais para a *physalis* in natura foi de 12,21 mgEAG/100g, valor este menor que os encontrados por Rockenbach et al. (2008), de 57,9 e 47,8 mgEAG/100g para extrato metanólico e extrato aquoso respectivamente. Na literatura também são encontrados outros estudos que relatam valores superiores, Machado et al. (2019), apontam 60,87 mgEAG/100g para *Physalis peruviana* adquiridas na cidade de Porto Alegre/RS. O autor relata ainda que o armazenamento da *physalis* por um período de 120 dias, resultou numa diminuição de 22,26 % na concentração de compostos fenólicos. Já a *physalis* liofilizada apresentou um valor maior de fenólicos totais (47,37 ± 14,37) quando comparados à *physalis* in natura.

Os compostos fenólicos são originários do metabolismo secundário de plantas, sendo essenciais para o desenvolvimento e reprodução, além de serem gerados em condições de estresse como infecções, ferimentos, radiações ultravioletas ente outros (NACZK & SHAHIDI, 2004). Nas frutas os compostos fenólicos são os principais responsáveis pela atividade antioxidante, sendo que a quantidade destes compostos pode ser influenciada por diversos fatores como a maturação, espécie, práticas de cultivo, origem geográfica, estágio de crescimento, condições de colheita e processo de armazenamento. (OLIVEIRA et al., 2011).

Além destes fatores, a variação na concentração dos compostos fenólicos também sofre influência de outras variáveis como temperatura, tempo, método de extração, concentração do ácido empregado, tamanho da amostra, condições do processo, a presença de substâncias interferentes como ceras, gorduras e clorofila, (SOBRINHO et al., 2010) que diferenciam-se para cada composto fenólico da planta (por se tratar de materiais vegetais diversificados que interagem

entre si), podem desencadear a formação de complexos insolúveis (BIESAGA, 2011).

Em relação a atividade antioxidante dentre as metodologias empregadas, o método FRAP foi o que apresentou os maiores resultados, 140,31 e 588,40 $\mu\text{molFe}^{2+}/100\text{g}$, enquanto os métodos ABTS e DPPH apresentaram 67,61 e 158,60 $\mu\text{molTEAC}/100\text{g}$ e 44,26 e 133,32 $\mu\text{molTEAC}/100\text{g}$ para as amostras de *physalis in natura* e liofilizada, respectivamente. Zimmer, (2019) ao avaliar a capacidade antioxidante da polpa e da semente de *Physalis pubescens*, utilizando as metodologias FRAP, ABTS e DPPH, também obteve resultados superiores na capacidade antioxidante pelo método FRAP em relação aos demais métodos utilizados.

Assim como os compostos fenólicos, a atividade antioxidante também apresentou valores inferiores aos relatados na literatura (SANTOS et al., 2019; MACHADO et al., 2019; ZIMMER, 2019; LICODIEDIDOFF et al., 2013; ROCKENBACH et al., 2008). Isso se deve ao fato que os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos, sendo que vários estudos demonstram que a capacidade antioxidante é dependente do teor de compostos fenólicos (MAKRIS, et al., 2007; THAIPOONG et al., 2006; GÓMEZ-PLAZA, et al., 2006; GUENDEZ et al., 2005; ALONSO et al., 2002). Além dos compostos fenólicos, a atividade antioxidante pode depender ainda de outros fatores como as condições e etapas de oxidação, formação e estabilidade dos radicais, a possível localização dos antioxidantes e estabilidade em distintas fases do processamento nos alimentos (ROCKENBACH et al., 2008b)

5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CERVEJA FRUTADA

Os resultados da análise físico-química da cerveja frutada adicionada de *Physalis peruviana* liofilizada estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise físico-química da cerveja frutada

Parâmetros Analisados	Controle	T1	T2	T3
pH	4,15 ± 0,01 ^a	3,93 ± 0,02 ^b	3,87 ± 0,01 ^c	3,81 ± 0,02 ^d
Acidez Total (%m/v)	0,22 ± 0,01 ^d	0,35 ± 0,01 ^c	0,52 ± 0,01 ^b	0,73 ± 0,02 ^a
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	4,97 ± 0,21 ^c	5,03 ± 0,15 ^{bc}	5,43 ± 0,12 ^b	5,97 ± 0,15 ^a
Teor Alcoólico (%v/v)	4,24 ± 0,04 ^d	5,13 ± 0,08 ^c	5,73 ± 0,15 ^b	6,13 ± 0,06 ^a
Cor (EBC)	7,07 ± 0,05 ^d	11,76 ± 0,04 ^c	13,64 ± 0,08 ^b	21,46 ± 0,09 ^a
Amargor (IBU)	11,62 ± 0,08 ^a	6,66 ± 0,28 ^b	10,23 ± 0,64 ^a	10,25 ± 0,83 ^a
Extrato Real (%m/v)	4,17 ± 0,03 ^c	4,23 ± 0,08 ^c	4,50 ± 0,03 ^b	5,26 ± 0,02 ^a
Extrato Primitivo (%m/m)	10,86 ± 0,05 ^d	12,26 ± 0,10 ^c	13,44 ± 0,18 ^b	14,71 ± 0,09 ^a
Turbidez (NTU)	4,98 ± 1,30 ^d	42,37 ± 0,53 ^c	78,67 ± 1,15 ^b	103,67 ± 4,51 ^a
Cinzas (%)	0,18 ± 0,06 ^c	0,27 ± 0,08 ^{bc}	0,35 ± 0,05 ^{ab}	0,46 ± 0,06 ^a
Proteína (%)	0,26 ± 0,02 ^c	0,28 ± 0,02 ^{bc}	0,31 ± 0,00 ^b	0,35 ± 0,01 ^a

Médias e desvios padrão em triplicatas. Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem entre si teste Tukey (p<0,05)

Conforme Tabela 5, observa-se que os valores de pH e acidez total titulável variaram estatisticamente em relação a amostra controle (p<0.05). A presença da physalis liofilizada nas amostras T1 (20 g/L), T2 (40 g/L) e T3 (60 g/L) resultou numa maior quantidade de ácidos orgânicos (Tabela 1), elevando assim os valores de acidez total e diminuição dos valores de pH. Todas as amostras apresentaram pH abaixo de 4,5, o que de acordo com Hoffmann, (2001) é de fundamental importância, pois o pH reduzido mantém a cerveja isenta de microrganismos patogênicos, e evita posteriores contaminações.

Martínez et al. (2017), elaboraram cervejas com diferentes concentrações de suco de caqui. Os resultados demonstraram que ao aumentar a quantidade de suco, influenciou na diminuição dos valores de pH e no aumento dos valores da

acidez. O mesmo comportamento foi relatado por Jung et al. (2017) ao produzir cervejas adicionadas de diferentes concentrações de pêssego. De acordo com Venturini Filho (2010) há uma tendência de queda no pH para cervejas produzidas com adjunto quando comparadas às cervejas puro malte.

A adição de physalis liofilizada à cerveja aumentou ligeiramente o teor de álcool. A amostra controle foi aquela com a menor concentração de teor alcoólico 4,24%, enquanto as amostras T1, T2 e T3 tiveram concentrações de 5,13, 5,73 e 6,13%, respectivamente. Esta variação pode ser atribuída à adição da physalis liofilizada ainda durante o processo de fermentação, o que contribuiu na fermentação devido aos açúcares fermentáveis presentes na fruta. Isso demonstra que a physalis liofilizada pode ser utilizada como fonte de açúcares fermentáveis, substituindo parcialmente a quantidade de malte utilizada. O aumento do teor alcoólico também foi reportado por Zapata et al. (2019) 5,27 a 5,62% em cervejas produzidas com marmelo, Kawa-rygielska et al. (2019) 4,68 a 5,08% para cervejas com cereja e Veljovic et al. (2015) 4,91 a 6,87% para cervejas produzidas com uva.

Apenas os valores médios de sólidos solúveis totais (SST) das amostras T2 e T3 diferiram da amostra controle, T1 não apresentou diferença estatística no parâmetro SST quando comparada à T2 e ao controle. Comparando aos estudos da literatura, os SST apresentaram valores muito próximos aos relatados por Zapata et al. (2019) 4.69 a 5.82 ° Brix, porém inferiores aos encontrados por Alves et al. (2020) 5.8 a 7.0 ° Brix.

Os sólidos solúveis totais podem ser caracterizados como açúcares (glicose, frutose) e não-açúcares: proteínas, aminoácidos, amidas, pectinas e ácidos orgânicos sob formas moleculares, ionizadas ou micro-granulares (VENTURINI FILHO et al., 2001). Tendo em vista que a physalis liofilizada apresentou uma grande quantidade de sólidos solúveis totais quando comparado a physalis in natura, esperava-se que as cervejas adicionadas de physalis liofilizada também apresentassem valores maiores. Entretanto não houve diferença na cerveja T1 em relação ao controle, e as cerveja T1 e T2, mesmo sendo adicionadas concentrações diferentes de physalis, não apresentaram variação. Os valores de SST nas amostras podem ter sido influenciados pela presença das proteínas oriundas da physalis liofilizada (Tabela 2), uma vez que os açúcares presentes na fruta foram consumidos durante a fermentação,

alterando os valores do teor alcoólico das cervejas (Tabela 5). A quantificação das proteínas nas amostras de cervejas, demonstraram o mesmo comportamento dos SST, onde a amostra T1 não diferiu do controle, e as amostras T1 e T2 não apresentaram variação significativa (Tabela 5).

De acordo com a escala de cor EBC (European Brewery Convention, 2005) cervejas com valores abaixo de 20 unidade de EBC são chamadas de cervejas claras e valores acima de 20 unidades EBC as cervejas são classificadas como escuras. As unidades de cor (EBC) das cervejas apresentaram um aumento progressivo com o aumento da concentração de physalis liofilizada, sendo o controle (7,07), T1 (11,76) e T2 (13,64) classificadas como cerveja clara e T3 (21,46) como cerveja escura. A variação da coloração das cervejas pode estar associada ao aumento na concentração de carotenoides oriundos da physalis (MACHADO et al., 2019). Ribeiro (2016), ao produzir cervejas sem glúten a partir de mandioca e trigo, constatou que as cervejas com maiores concentrações de carotenoides tiveram suas cores intensificadas em relação à cerveja padrão. O autor atribui esta diferença de cor ao aumento da concentração de carotenoides oriundos da mandioca amarela.

O amargor, que é quase inteiramente derivado dos iso- α -ácidos do lúpulo, pode mudar durante a fermentação e maturação da cerveja devido à formação de outros compostos responsáveis pelo sabor (NUNES et al., 2017). O parametro de amargor, das cervejas aditivada com 20 g/L de physalis liofilizada (T1) apresentou diferença significativa em relação ao controle (6,66 e 11,62 respectivamente). Em contrapartida as amostras T2 e T3 (10,23 e 10,25 respectivamente) não diferiram em relação ao controle. Zapata et al. (2019) ao avaliar cerveja enriquecidas com frutos de marmelo macerados, verificou que dentre as três formulações, duas obtiveram valores de amargor menores ao controle. O mesmo comportamento de diminuição nas unidade de IBU foi apontado por Brunelli et al. (2014), para cerveja elaboradas com diferentes concentrações de mel. Os autores atribuem o efeito negativo da concentração de mel na cerveja a uma possível interação dos componentes do mel com as resinas amargas do lúpulo durante a ebulição do mosto.

A variação nos valores de amargor não era esperado, uma vez que o lúpulo foi adicionado ainda na etapa de fervura na cerveja base. De acordo com Reinold (1997) frações das substâncias amargas são eliminadas na camada

superior da espuma formada durante o processo fermentativo. Além disso, a variação nos valores de IBU pode ser atribuída à uma maior solubilidade dos iso- α -ácidos na presença de álcool, como também a intensidade da fermentação afetando a formação de espuma. Leme (2017) avaliou a influência de diferentes tipos de leveduras e concentrações de inóculo no amargor da cerveja. O autor concluiu que há diferença nas medidas de IBU dependendo da concentração de inóculo utilizada, além de observar redução nas unidades IBU durante o processo de maturação.

Em relação ao extrato real, o qual representa todos os sólidos presentes na cerveja, como açúcares, proteínas e dextrinas, T1 (4,23) não apresentou diferença significativa em relação ao controle (4,17), entretanto T2 (4,50) e T3 (5,26) tiveram valores superiores. Os valores encontrados no presente estudo, são superiores aos relatados por Pereira, et al. (2020) 3,05 a 3,27% e por Pinto et al. (2015) 3,46 a 3,49 %. Já os valores de extrato primitivo, o qual representa a quantidade de substâncias presentes no mosto que deu origem à cerveja, todas as amostras apresentarem diferença significativa. A legislação brasileira estabelece que o extrato primitivo deve apresentar um valor mínimo de 5 % (m/m) (Brasil, 2019). No presente estudo os valores variaram de 10,86 % para o controle e 14,71 % para o tratamento T3, estando todas em conformidade com a legislação.

A adição de *Physalis* liofilizada alterou os valores de turbidez, sendo que todos os tratamentos variaram significativamente em relação ao controle. A amostra T3 apresentou a maior turbidez 103,67 NTU, as amostras T2 e T3 apresentaram turbidez de 42,37 e 78,67 NTU respectivamente. A amostra controle, obteve a menor turbidez 4,98 NTU, o que corrobora a influência da *Physalis* no aumento da turbidez. Os ingredientes utilizados na produção de cerveja são fontes precursoras de turbidez, a qual se dá a partir da reação de polimerização de compostos fenólicos e associação com algumas proteínas. Além disso a turbidez pode ser estimulada por fatores como presença de oxigênio e de íons metálicos (Tabela 4), pasteurização e temperatura de estocagem (SIQUEIRA et al., 2008). A concentração de sólidos solúveis totais em suspensão também pode contribuir no aumento da turbidez na cerveja. Embora as cervejas frutadas tenham apresentados valores maiores de turbidez em relação ao controle, o

aumento dos valores não influenciou na qualidade da cerveja, conforme pode ser observado na Figura 9.

Figura 9: Cerveja controle e cervejas frutadas adicionadas de physalis liofilizada



Os teores de cinzas variaram de 0,18 a 0,46%, sendo que a mostra T1 não apresentou diferença ao controle e a T2. Já a amostra T2 se diferenciou apenas do controle, e T3 variou em relação ao controle e T1. Estes resultados são superiores aos encontrados por Alcázar et al. (2002) de 0,061 a 0,158%, em 32 formulações de cervejas tipo *Lager* com baixo teor alcoólico, produzidas com diversos cereais como adjuntos. Pereira et al. (2020) também encontrou valores menores em cervejas adicionada de pedúnculo de caju e casca de laranja, as amostras apresentaram valores que variaram de 0,14 a 0,21% de cinzas. Os valores superiores no presente estudo podem ser devido ao aumento da concentração de minerais, causado pela physalis adicionada a cerveja.

Os valores médios de proteína bruta das amostras T2 e T3 diferiram da amostra controle, T1 não apresentou diferença estatística para proteína quando comparada à T2 e ao controle. Comparando aos estudos da literatura, as proteínas apresentaram valores muito próximos aos relatados por Silva (2018) 0,26 a 0,30% para cervejas adicionadas de polpa e casca de seriguela e casca de laranja, porém superiores aos encontrados por Pereira et al. (2020) 0,12 a 0,26%.

A composição mineral das cervejas frutadas é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6: Composição mineral (mg/L) das cervejas frutadas

Elemento	Controle	T1	T2	T3
Co	0,003 ± 0,001 ^a	0,003 ± 0,001 ^a	0,004 ± 0,001 ^a	0,004 ± 0,001 ^a
Al	0,070 ± 0,017 ^b	0,053 ± 0,015 ^b	0,480 ± 0,173 ^a	ND
Na	19,598 ± 0,175 ^b	20,458 ± 0,342 ^a	20,281 ± 0,183 ^a	20,843 ± 0,036 ^a
Li	0,003 ± 0,000 ^a	0,004 ± 0,001 ^a	0,003 ± 0,001 ^a	0,004 ± 0,000 ^a
K	388,687 ± 1,462 ^d	701,633 ± 2.123 ^c	1002,830±0,139 ^b	1154,300±5,291 ^a
S	63,123 ± 0,247 ^c	63,870 ± 0,053 ^c	71,680 ± 1,467 ^b	106,633 ± 0,808 ^a
Zn	0,004 ± 0,004 ^c	0,026 ± 0,002 ^b	0,013 ± 0,015 ^{bc}	0,046 ± 0,001 ^a
Mn	0,510 ± 0,010 ^a	0,383 ± 0,015 ^c	0,527 ± 0,021 ^a	0,460 ± 0,001 ^b
Ca	10,107 ± 0,247 ^d	12,070 ± 0,072 ^c	13,707±0,076 ^b	14,497± ,178 ^a
P	128,890 ± 0.455 ^c	155,967 ± 0,551 ^a	146,167±3,121 ^b	159,267± ,153 ^a
Mo	ND	ND	ND	ND
Se	1,372 ± 1,020 ^a	0,234 ± 0,009 ^a	0,210 ± 0,050 ^a	0,258 ± 0,833 ^a
Mg	77,790 ±0.361 ^c	84,960 ± 0,565 ^b	89,490 ± 0,684 ^a	89,333 ± 0,833 ^a
Ni	ND	ND	ND	ND
B	ND	ND	ND	ND
Cr	0,005 ± 0,000 ^a	0,007 ± 0,001 ^a	0,005 ± 0,002 ^a	0,006 ± 0,001 ^a
Cu	0,093 ± 0,015 ^b	0,087 ± 0,015 ^b	0,127 ± 0,006 ^a	0,024 ± 0,001 ^c
Fe	0,067 ± 0,012 ^a	0,037 ± 0,039 ^a	0,117 ± 0,012 ^a	0,086 ± 0,065 ^a

Médias e desvios padrão em triplicatas. Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem entre si teste Tukey ($p < 0,05$)

A adição de physalis liofilizada aumentou significativamente ($p < 0,05$) o conteúdo dos minerais Na, K, Zn, Ca, P e Mg, enquanto a quantidade de Co, Li, Se, Cr e Fe não foi substancialmente afetado nas amostras de cerveja. Os minerais Mo, Ni e B não foram detectados em nenhuma das amostras, embora níveis de 0,001mg/g de Ni tenha sido encontrados na physalis in natura e liofilizada (Tabela 3). A concentração de Al apenas T2 apresentou diferença significativa ao controle. Comportamento similar foi observado para o Cu, porém para este, T3 apresentou níveis menores ao controle. A adição de physalis em T1 não alterou estatisticamente os níveis de S, porém T2 e T3 apresentaram aumento em função da concentração de physalis liofilizada adicionada. Já para Mn T2 não diferiu do controle, sendo que T3 apresentou valor superior à T1.

Dentre todos os minerais analisados, o potássio apresentou a maior concentração em todas as amostras (388,687 a 1154,300 mg/L), seguido pelo fósforo (128,890 a 159,267 mg/L). O enxofre e o magnésio também apresentaram valores significativos entre 63,123 a 106,633 mg/L e 77,790 a 89,490 mg/L, respectivamente. Tozetto et al. (2019) ao quantificar o teor mineral de 28 amostras de cervejas comerciais brasileiras encontrou valores para potássio entre 22,50 e 850,00 mg/L, para magnésio entre 1,52 e 95,66 mg/L, e sódio entre 11,25 e 137,00 mg/L. Ubuoh et al. (2013) menciona valores entre 0,07 e 0,15 mg/L para zinco, entre 0,17 a 0,34 mg/L para cromo, entre 0,04 a 0,08 mg/L para cobre e 0,23 a 0,56 mg/L para ferro, em cervejas nigerianas. Já Alcázar et al. (2002), ao analisar o teor de 32 amostras de cerveja tipo Lager da Espanha, menciona valores de 0,04 a 0,63 mg/L para alumínio, 0,031 a 0,304 mg/L para manganês, 19,85 a 107,89 mg/L para cálcio e 108,61 a 381,03 mg/L para fósforo.

Conforme mostrado na Tabela 3 e Tabela 7, entre os minerais analisados, apenas o selênio não foi encontrado na physalis in natura e liofilizada, mas todas as amostras de cerveja apresentaram teores consideráveis. O selênio é um mineral que desempenha funções antioxidantes, sendo essencial como oligoelemento para a saúde humana e sua deficiência está correlacionada com a ocorrência de várias doenças (PEDRERO & MADRID, 2009). Os níveis de selênio presentes na cerveja vêm do malte de cevada e do malte de trigo usados na produção de cerveja.

5.4 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DAS CERVEJAS FRUTADAS

O conteúdo fenólico total e a atividade antioxidante das quatro formulações de cerveja são mostrados na Tabela 7. Todas as amostras adicionadas com physalis liofilizada mostraram uma diferença significativa em comparação com o controle.

Tabela 7 - Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das cervejas frutadas

	Controle	T1	T2	T3
CFT	216,62 ± 5,18 ^d	248,98 ± 8,70 ^c	297,89 ± 3,71 ^b	318,62 ± 6,58 ^a
ABTS	896,44 ± 90,76 ^d	1165,33 ± 94,52 ^c	1545,33 ± 61,10 ^b	1869,77 ± 111,82 ^a
DPPH	762,11 ± 18,36 ^d	853,22 ± 53,16 ^c	1041,00 ± 55,08 ^b	1202,11 ± 160,05 ^a
FRAP	2866,28 ± 64,15 ^d	3162,12 ± 99,22 ^c	3470,45 ± 324,60 ^b	4147,93 ± 410,62 ^a

Médias e desvios padrão em triplicatas. Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem entre si teste Tukey ($p < 0,05$). CFT: compostos fenólicos totais (mgEAG/L); ABTS: $\mu\text{molTEAC/L}$; DPPH: $\mu\text{molTEAC/L}$; FRAP: $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{L}$.

Os resultados da Tabela 7 indicam que o aumento nos compostos fenólicos totais (CFT) e na atividade antioxidante depende diretamente da quantidade de physalis adicionada à cerveja. O aumento da área de contato da physalis liofilizada com a cerveja, bem como a quebra das paredes celulares da physalis durante a secagem, contribuíram para a liberação de compostos fenólicos no líquido. Esses resultados podem estar relacionados aos antioxidantes da fruta, uma vez que seus níveis são da mesma ordem de magnitude daqueles encontrados nas cervejas adicionadas à fruta (GORINSTEIN et al., 2000). As cervejas enriquecidas com physalis liofilizada (T1, T2 e T3) apresentou alto teor de fenólicos, o que contribui para a atividade antioxidante e, portanto, a torna um bebida com maiores níveis de compostos bioativos (PAI; SAWANT; GHATAK, 2015). Outro resultado interessante é que a atividade antioxidante da cerveja obtida pelo ensaio ABTS foi superior à obtida pelo ensaio DPPH. Dados semelhantes foram relatados na literatura e podem estar relacionados às diferentes cinéticas de reação entre os fenóis e o cátion radical ABTS e o radical DPPH (ZHAO et al., 2010).

Os valores de CFT das amostras de cerveja estavam na faixa de 216,62–318,62 mgEAG/L. A maior e a menor atividade de eliminação de cátions de radical ABTS foram encontradas nas cervejas controle e T3, respectivamente 896,44 e 1869,77 $\mu\text{molTEAC/L}$, o que foi consistente com o resultado do ensaio de atividade de eliminação de radical DPPH, 762,11 e 1202,11 $\mu\text{molTEAC/L}$. Resultados semelhantes são descritos por Gasinski et al. 2020). O ensaio de potencial redutor do íon férrico FRAP, 2866,28 e 4147,93 $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{L}$ também seguiu a tendência observada nos ensaios ABTS e DPPH.

Os maiores teores de compostos fenólicos totais e o aumento da capacidade antioxidante das cervejas frutadas, quando comparadas à cerveja tradicional (amostra controle), coincidem com os resultados observados para uma cerveja adicionada com cereja, framboesa, pêssego, damasco, uva, ameixa, laranja e maçã (NARDINI & GARAGUSO, 2020), cereja da Cornualha (KAWA-RYGIELSKA et al., 2019), maracujá (SORBO & BROETTO, 2019) e *goji berries* (DUCRUET et al., 2017). Esses resultados dos ensaios DPPH e ABTS são importantes para a estabilidade do sabor da cerveja durante o processamento e armazenamento e podem ter levado a um aumento em seu valor nutricional (HUMIA et al., 2020). Isso ocorre porque um maior ensaio de DPPH poderia evitar o envelhecimento da cerveja devido à não formação de aldeídos saturados e insaturados como resultado da oxidação. Ao mesmo tempo, o ensaio ABTS estabiliza os radicais de oxigênio ativos e fornece melhor estabilidade de sabor (ZHAO et al., 2010).

5.5 ESTIMATIVA DE CUSTO DA CERVEJA FRUTADA

Os valores dos ingredientes utilizados na fabricação de 20 L de cerveja base são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Composição do custo da cerveja base

Insumo	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Malte Pilsen	3,2 Kg	R\$ 8,10	R\$ 25,92
Malte de trigo	1,3 Kg	R\$ 9,90	R\$ 12,87
Levedura	1 Unidade	R\$ 23,60	R\$ 23,60
Lúpulo Magnun	8 g	R\$ 0,29	R\$ 2,32
Lúpulo Perle	12g	R\$ 0,27	R\$ 3,24
Água Mineral	30 L	R\$ 0,50	R\$ 15,00
Total			R\$ 82,95

O valor de aquisição dos insumos utilizados na produção de 20 L de cerveja base, foi de R\$ 82,95, sendo estabelecido o valor de R\$ 4,14/L. As frutas de *physalis* foram adquiridas ao valor de R\$ 30,00/Kg. O custo energético para liofilizar 3 Kg de amostra por um período de 96 horas foi de 62,4 KWh, de acordo

com os dados fornecidos pelo fabricante. O valor KWh praticado no mês de julho de 2020 no estado de Santa Catarina foi de R\$ 0,583733, totalizando um custo energético de R\$ 36,42.

Somando o valor da aquisição da physalis, mais os custos de liofilização, e levando em consideração que após a secagem se obteve 570g de physalis liofilizada, podemos chegar ao valor de R\$ 0,22/g de physalis liofilizada. Portanto o custo das cervejas frutas foi de R\$ 4,14/L para a cerveja controle, R\$ 8,54/L para T1, R\$ 12,94/L para T2 e R\$ 17,34/L para a cerveja T3.

6 CONCLUSÃO

Retomando os objetivos estabelecidos ao início da pesquisa, foram produzidas três formulações de cervejas aditivadas com physalis liofilizada. A physalis in natura, liofilizada e as amostras de cervejas frutadas, foram caracterizadas quanto aos parâmetros físico-químicos, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. A caracterização foi realizada para identificar a influência da adição da physalis na cerveja, bem como avaliar a fruta após o processo de liofilização.

Os resultados das análises físico-química demonstraram que a physalis in natura é uma fruta ácida, com concentração de 1,66 g de ácido cítrico/100 e 13,83 ° Brix. Os resultados também apontaram uma concentração de 81,15% de umidade, 1,04% de cinzas, 0,89% de proteína bruta e 0,43% de extrato etéreo, os quais são condizentes com os relatados na literatura. A composição mineral indica que o potássio é o mineral em maior concentração, sendo também apresentado valores significativos de sódio, enxofre, cálcio, fósforo e magnésio. Para os compostos fenólicos o valor encontrado foi de 12,21 mgEAG/100g e a atividade antioxidantes apresentaram valores de 44,26 µmolTEAC/100g para DPPH, 67,61 µmolTEAC/100g para ABTS e 140,31 µmolFe²⁺/100g para FRAP, valores inferiores aos relatados na literatura.

As análises da physalis liofilizada demonstraram que houve um aumento na acidez total, na concentração de SST e no pH, em relação a physalis in natura. O processo de liofilização também aumentou as concentrações de cinzas, extrato etéreo e proteína bruta. A umidade sofreu uma diminuição, o que já era esperado devido ao processo de secagem. A composição mineral da physalis liofilizada demonstrou que não houve diminuição nas concentrações de minerais em virtude do processo de liofilização, mesmo comportamento observado para os compostos fenólicos e atividade antioxidante. Assim, esses resultados demonstram que a liofilização pode ser empregada como meio de conservação, visando a disponibilidade da fruta, mesmo nos períodos de entressafra.

De acordo com os dados do presente estudo, o enriquecimento da cerveja artesanal com physalis liofilizada durante a etapa de fermentação proporcionou uma melhora considerável na qualidade nutricional da cerveja, em termos de

conteúdo fenólico total e atividade antioxidante, em comparação com a cerveja controle (sem adição de frutas). Essas quantidades aumentadas de componentes químicos em cervejas de frutas podem ter efeitos benéficos para os consumidores de cerveja. Além disso os parâmetros físico-químicos também sofreram alteração pela adição da fruta liofilizada. Porém, com base nos parâmetros físico-químicos apresentados não é possível estabelecer entre as três formulações de cerveja (T1, T2 e T3) qual seria a melhor formulação, uma vez que se faz necessário a realização de análises sensorial. Já em relação aos compostos bioativos a formulação T3 apresentou os melhores resultados, uma vez que recebeu maior quantidade de physalis liofilizada, porém o custo desta formulação é duas vezes maior que a formulação T1, a qual também apresentou valores significativos de compostos fenólicos.

Portanto, a adição de physalis liofilizada é uma boa opção para melhorar as características funcionais da cerveja, além de ser uma possibilidade de inovação ao setor cervejeiro que se encontra em plena expansão.

7 REFERÊNCIAS

- AIZEMBERG, R. **Emprego de caldo de cana e do melado como adjunto de malte de cevada na produção de cervejas**. [s.l.] Tese (Doutorado em Ciências) Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.
- ALCÁZAR, A. et al. Multivariate characterisation of beers according to their mineral content. **Talanta**, v. 57, n. 1, p. 45–52, 2002.
- ALONSO, Á. M. et al. Determination of antioxidant activity of wine byproducts and its correlation with polyphenolic content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 21, p. 5832–5836, 2002.
- ALVES, M. D. M. et al. Artisanal beer production and evaluation adding rice flakes and soursop pulp (*Annona muricata* L.). **Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, p. 545–549, 2020.
- AOAC, A. O. O. A. C. I. **Official Methods of Analysis**. 16. ed. Arlington: [s.n.].
- ARAÚJO, F. B.; SILVA, P. H. A.; MINIM, V. P. R. Perfil sensorial e composição físico-química de cervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 121–128, 2003.
- ARAÚJO, R. M. et al. COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR DE CERVEJAS ESPECIAIS. **Connexio**, v. 5, n. 1, p. 35–50, 2016.
- AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S. Tendências em Conservação de Alimentos. In: **Fundamentos da Estabilidade de Alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. p. 135–150.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70–76, 1996.
- BEZERRA, N. Y. A. S. **Caracterização física, química e morfológica de polpa de marolo liofilizada**. [s.l.] Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014.
- BIESAGA, M. Influence of extraction methods on stability of flavonoids. **Journal of Chromatography A**, v. 18, p. 2505–2512, 2011.
- BJCP. **X4 Catharina Sour. 2018**. Disponível em: <<https://dev.bjcp.org/beer-styles/x4-catharina-sour/>>. Acesso em: 5 mar. 2020.
- BOULTON, C.; QUAIN, D. **Brewing yeast and fermentation**. Hoboken: Wiley, 2008.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.
- BRASIL. **Resolução CNNPA n. 12, de 1978. Normas Técnicas Especiais**. Brasília, Diário Oficial da União, , 1978.
- BRASIL. **DECRETO N 9.902, DE 8 DE JULHO DE 2019**. Brasília, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, , 2019.
- BRIGGS, D. E. et al. **Brewing Science and practice**. 1. ed. New York: CRC Press, 2004.
- BRUNELLI, L. T.; MANSANO, A. R.; VENTURINI FILHO, W. G. Physicochemical characterization of beer produced with honey. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 1, p. 19–27, 2014.
- ÇALIŞKAN, G.; ERGÜN, K.; DIRIM, N. Freeze Drying of Kiwi (*Actinidia deliciosa*) Puree and the Powder Properties. **Journal of Food Science**, v. 27, p. 385–396, 2015.

- CARLOS, L. A.; RESENDE, J. V.; CAL-VIDAL, J. Redução da Higroscopicidade de Pós Liofilizados pela Indução da Cristalização em Soluções-Modelo de Açúcares Constituintes de Frutas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 2, p. 163–173, 2005.
- CARRASCO, R. R.; ZELADA, C. R. E. Determination of Antioxidant Capacity and Bioactive Compounds in Native Peruvian Fruits. **Revista de la sociedad química de Perú**, v. 2, p. 108–124, 2008.
- CARVALHO, G. B. M. DE. **Obtenção de Cerveja usando Banana como Adjunto e Aromatizante**. [s.l.] Tese (Doutorado em Conversão de Biomassa) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2009.
- CENTRAL BREW. **Trigo ou malte: conheça as diferenças entre as cervejas**. Disponível em: <<https://centralbrew.com.br/blog/trigo-ou-malte-conheca-as-diferencas-entre-as-cervejas/>>. Acesso em: 22 jul. 2021.
- CERVBRASIL, A. B. DA I. DE C. **Anuário 2016**.
- CRUZ, J. M. M. Reactores biológicos: fundamentos e aplicações. In: **Reactores biológicos**. Porto/Lisboa: Lidel, 2007. p. 277–305.
- CURI, R. A.; VENTURINI FILHO, W. G.; NOJIMOTO, T. Beer production using barley as a malt adjunct: physical-chemical, and sensory analyses. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 2, p. 106–112, 2009.
- D'AVILA, R. et al. Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 2, p. 60–68, 2012.
- DORDEVIC, S. et al. Extracts of medicinal plants as functional beer additives. **Chem. Ind. Chem. Eng. Q.**, v. 22, n. 3, p. 301–308, 2016.
- DRAGONE, G.; ALMEIDA; SILVA, J. B. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Ed.). **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- DUARTE, E. L. et al. Influência da liofilização sobre os carotenoides de frutos do cerrado e comportamento higroscópico dos produtos liofilizados. **Biológicas & Saúde**, v. 23, n. 7, p. 22–33, 2017.
- DUARTE, M. E. M.; MATA, MA. E. R. M. C.; AGRA, N. G. Comparação Entre As Características Físico-Químicas Da Manga Liofilizada E a Manga-Passa. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 8, n. 2, p. 127–134, 2006.
- DUCRUET, J. et al. Amber ale beer enriched with goji berries - the effect on bioactive compound content and sensorial properties. **Food Chemistry**, v. 226, p. 109–118, 2017.
- DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ, S. QUÍMICA DO LÚPULO. **Química Nova**, v. 42, n. 8, p. 900–919, 2019.
- EBC - EUROPEAN BREWERY CONVENTION. **Analytica – EBC**. 5. ed. Zurique: Brauerei – und Getränke: Rundschau, 2005.
- FLORES, E.; SANTOS, K.; MALCHER, E. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE (in vitro) DO FRUTO DO CAMAPÚ (*Physalis peruviana*, L.). **Revista Ciência e Sociedade**, v. 1, n. 2, p. 89–102, 2017.
- GAITÁN, D. C. PRADA. **Obtención de vinagre tipo gourmet a partir de la fermentación de uchuva (*Physalis peruviana* L.)**. [s.l.] (Dissertação de Mestrado) Universidade Nacional da Colombia. Bogotá, 2015.
- GALVIS, J. A.; FISCHER, G.; GORDILLO, O. P. Cosecha y poscosecha de la uchuva. **Research**, p. 165–188, 2005.
- GASINSKI, A. et al. Volatile Compounds Content, Physicochemical Parameters, and Antioxidant Activity of Beers with Addition of Mango Fruit (*Mangifera Indica*). **Molecules**, v. 25, n. 3033, 2020.

- GOIRIS, K. et al. The Flavoring Potential of Hop Polyphenols in Beer. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 72(2), p. 135–142, 2014.
- GÓMEZ-PLAZA, E.; MIÑANO, A.; LÓPEZ-ROCA, J. M. Comparison of chromatic properties, stability and antioxidant capacity of anthocyanin-based aqueous extracts from grape pomace obtained from different vinification methods. **Food Chemistry**, v. 97, n. 1, p. 87–94, 2006.
- GORINSTEIN, S. et al. Comparative contents of some phenolics in beer, red and white wines. **Nutrition Research**, v. 20, n. 1, p. 131–139, 2000.
- GRANATO, D. et al. Characterization of Brazilian lager and brown ale beers based on color, phenolic compounds, and antioxidant activity using chemometrics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 3, p. 563–571, 2011.
- GUENDEZ, R. et al. An analytical survey of the polyphenols of seeds of varieties of grape (*Vitis vinifera*) cultivated in Greece: Implications for exploitation as a source of value-added phytochemicals. **Phytochemical Analysis**, v. 16, n. 1, p. 17–23, 2005.
- HOFFMANN, F. L. **Fatores limitantes à proliferação de microorganismos em alimentos**. 9. ed. São Paulo: Signus Editora Ltda, 2001.
- HOUAISS, A. **A Cerveja e seus Mistérios**. Rio de Janeiro: Salamandra, 1986.
- HUMIA, B. V. et al. Physicochemical and sensory profile of Beaugard sweet potato beer. **Food Chemistry**, v. 312, 2020.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008.
- JUNG, K.-M. et al. Influence of Peach (*Prunus persica* L. Batsch) Fruit Addition on Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Beer. **International Journal of Sciences**, v. 3, n. 08, p. 186–191, 2017.
- KAWA-RYGIELSKA, J. et al. Physicochemical and antioxidative properties of Cornelian cherry beer. **Food Chemistry**, v. 281, n. January, p. 147–153, 2019.
- KEUKELEIRE, D. DE. Fundamentals of beer and hop chemistry. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 108–112, 2000.
- KUSKOSKI, E. M. et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas : atividade antioxidante , polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1283–1287, 2006.
- LEME, A. M. V. **Efeito de diferentes leveduras e concentrações de inóculo no amargor da cerveja**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Estadual de Campinas - Campinas, 2017.
- LETERME, P. et al. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. **Food Chemistry**, v. 95, n. 4, p. 644–652, 2006.
- LICODIEDIDOFF, S.; KOSLOWSKI, L. A. D.; RIBANI, R. H. Flavonóis e atividade antioxidante do fruto *Physalis peruviana* L. em dois estádios de maturação. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 35, n. 2, p. 393–399, 2013.
- LIMA, C. S. M. et al. Qualidade pós-colheita de *Physalis* sob temperatura ambiente e refrigeração. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 311–317, 2013.
- LUGASI, A. Polyphenol content and antioxidant properties of beer. **Acta Alimentaria**, v. 32, n. 2, p. 181–192, 2003.
- MA, X. et al. Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 1, p. 102–107, 2011.
- MACHADO, T. F.; MONTEIRO, E. R.; TIECHER, A. Chemical, physicochemical

- and antioxidant stability of freezing pasteurized and unpasteurized pulp. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, p. 1–10, 2019.
- MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 2, p. 125–132, 2007.
- MARTÍNEZ, A. et al. Physicochemical characterization of special persimmon fruit beers using bohemian pilsner malt as a base. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 123, n. 3, p. 319–327, 2017.
- MATOS, E. H. DA S. F. Sistema de Brasileiro de Respostas Técnicas. **Ministério de Ciência e Tecnologia**, p. 1–4, 2005.
- MENTUS, D. Brewing with fruit:: wheat beer + beyond. **Zymurgy Magazine**, v. 33, n. 3, p. 28–32, 2010.
- METTA, F. I. K.; AYROSA, A. M. I. B.; PALETTA, F. C. **O papel da liofilização na conservação de alimentos pelo controle de umidade**. XII Safety, Health and Environment World Congress. **Anais...**São Paulo: 2012
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Anuário da cerveja 2020. 2021.
- MORADO, R. **Larousse da cerveja**. 1. ed. São Paulo: Lafonte LTDA, 2009.
- NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, v. 1054, p. 95–111, 2004.
- NARDINI, M.; GARAGUSO, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Food Chemistry**, v. 305, 2020.
- NUNES, C. DA S. O. et al. Cocoa pulp in beer production : Applicability and fermentative process performance. **PLOS ONE**, v. 12, n. 4, p. 1–21, 2017.
- OETTERER, M.; D'ARCE, M. A. B. R.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Editora Manole Ltda, 2006.
- OLIVEIRA, A. A. DE L. A. **CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA DO CAMAPU (Physalis angulata L.), QUALIDADE PÓS-COLHEITA E APROVEITAMENTO TECNOLÓGICO DOS FRUTOS**. [s.l.] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA- INPA, 2018.
- OLIVEIRA, J. A. R. DE et al. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL TECNOLÓGICO DE FRUTOS DE CAMAPÚ (Physalis angulata L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 2, 2011a.
- OLIVEIRA, V. S. DE et al. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 342–348, 2011b.
- OLIVEIRA, S. F. O. **Estudo das propriedades físico-químicas e avaliação de compostos bioativos em Physalis peruviana L.** [s.l.] Dissertação (Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar) Instituto Politécnico de Viseu, 2016.
- PAI, T. V; SAWANT, S. Y.; GHATAK, A. A. Characterization of Indian beers : chemical composition and antioxidant potential. **J Food Sci Technol**, v. 52, p. 1414–1423, 2015.
- PALMER, J. **How to Brew**. New York: Brewers Publications, 2014.
- PANDA, S. K. et al. ANTHOCYANIN-RICH SWEET POTATO (IPOMOEA BATATAS L .) BEER : TECHNOLOGY , BIOCHEMICAL AND SENSORY EVALUATION. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, p. 3040–3049, 2015.
- PEDRERO, Z.; MADRID, Y. Novel approaches for selenium speciation in foodstuffs and biological specimens : A review. **Analytica Chimica Acta**, v. 634,

p. 135–152, 2009.

PEREIRA, M. I. C. et al. 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. 2061, n. 3, p. 749–755, 2020.

PHILPOTT, J.; TAYLOR, D. M.; WILLIAMS, D. R. Critical assessment of factors affecting the accuracy of the job bitterness method. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 55, n. 3, p. 103–106, 1997.

PIAZZON, A.; FORTE, M.; NARDINI, M. Characterization of phenolics content and antioxidant activity of different beer types. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 19, p. 10677–10683, 2010.

PINTO, I. L. F. et al. Desenvolvimento de Cerveja Artesanal com Acerola (*Malpighia emarginata* DC) e Abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). **Revista Verde**, v. 10, n. 4, p. 67–71, 2015.

PUENTE, L. A. et al. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1733–1740, 2011.

RAMADAN, M. F. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1830–1836, 2011.

RAMADAN, M. F.; MÖRSEL, J. Goldenberry, a novel fruit source of fat-soluble bioactives. **Inform**, v. 15, p. 130–131, 2004.

RANIERE, G. **Physali, Fisalis. Plante, mas não na horta**. Disponível em: <<http://www.matosdecomer.com.br/2015/03/physalis-fisalis-plante-mas-nao-na-horta.html>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 311–319, 2001.

RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, p. 1231–1237, 1999.

REINOLD, M. R. **Manual prático de cervejaria**. São Paulo: Aden, 1997.

RIBEIRO, N. J. **Desenvolvimento de cerveja funcional sem glúten a partir de mandioca e trigo sarraceno**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

ROCKENBACH, I. I. et al. Ácidos fenólicos e atividade antioxidante em frutos de *Physalis peruviana* L. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 3, p. 271–276, 2008a.

ROCKENBACH, I. I. et al. Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (*Vitis vinifera*) variedades Tannat e Ancelota. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 238–244, 2008b.

ROCKETT, F. C. et al. Native fruits from southern Brazil: Physico-chemical characterization, centesimal composition, and mineral content. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, n. 8, p. 1–11, 2020.

RODRIGUES, E. et al. Minerals and essential fatty acids of the exotic fruit *Physalis peruviana* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 642–645, 2009.

RODRIGUES, F. A. et al. Caracterização física, química e físico-química de *physalis* cultivada em casa de vegetação. **Ciencia Rural**, v. 44, n. 8, p. 1411–1414, 2014.

ROSA, NATASHA AGUIAR; AFONSO, J. C. A Química da Cerveja. **Química**

Nova Escola, v. 37, p. 98–105, 2015.

ROTOLO, T.; MARCUSSO, E. A cerveja no Brasil Holandês: notas sobre a instalação da primeira cervejaria do Brasil. **Contextos da Alimentação**, v. 6, n. 1, 2019.

RUFINO, S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.

RUTZ, J. K. et al. Geleia de *Physalis peruviana* L.: caracterização bioativa, antioxidante e sensorial *. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 3, p. 369–375, 2012.

SÁNCHEZ, A. M. C.; MONTAÑEZ, G. A. P.; RODRÍGUEZ, Y. B. Alternativas de procesamiento de uchuva (*Physalis peruviana* L) para el aprovechamiento de frutos no aptos para la comercialización en fresco. **Revista de Investigación Agraria y Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 121–130, 2014.

SANTOS, A. L. et al. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS EM POLPAS DE FRUTOS DO CERRADO IN NATURA E LIOFILIZADA . **Revista Desafios - Suplemento**, 2020.

SANTOS, C. D. DE O. Avaliação do emprego do arroz preto (*Oriza sativa* L.) submetido a hidrólise enzimática como adjunto na fabricação de cerveja. 2011.

SANTOS, V. S. DOS. **O que é lúpulo?** Disponível em:

<<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-lupulo.htm>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

SANTOS, N. C. et al. Avaliação da Degradação dos Compostos Bioativos do Fruto *Physalis* (*P. peruviana*) Durante o Processo de Secagem. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. 1689–1699, 2019.

SANTOS, S. DE P. **Os Primórdios da Cerveja no Brasil**. Cotia: Ateliê, 2004.

SCHÖNBERGER, C.; KOSTELECKY, T. The Role of Hops in Brewing.

JOURNAL OF THE INSTITUTE OF BREWING, v. 117, n. 3, p. 259–267, 2011.

SEBRAE. Como montar uma microcervejaria. v. 1, 2015.

SILVA, A. A. DA. **Produção, caracterização físico-química e análise sensorial de cerveja artesanal de trigo adicionada de polpa e casca de seriguela (*spondias purpurea* L.) e casca de laranja (*citrus sinensis* L.)**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Ceará - Fortaleza, 2018.

SILVA, D. F. DA et al. Conservação pós-colheita de fisális e desempenho produtivo em condições edafoclimáticas de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 60, n. 6, p. 826–832, 2013.

SINGLETON, V. I.; ROSSI, J. A. J. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 6, p. 144–158, 1965.

SIQUEIRA, P. B. et al. O PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA E SEUS EFEITOS NA PRESENÇA DE POLIFENÓIS. **Alim. Nutr.**, v. 19, n. 4, p. 491–498, 2008.

SOBRINHO, T. DA S. P. et al. Otimização de metodologia analítica para o doseamento de flavonoides de *Bauhinia cheilantha* (Bongard) Steudel. **Química Nova**, v. 33, n. 2, p. 288–291, 2010.

SORBO, A. C. A. C. **Avaliação das propriedades de uma cerveja artesanal tipo pilsen suplementada com polpa de maracujá (Dissertação de mestrado)**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista UNESP - Botucatu, 2019.

SORBO, A. C. A. C.; BROETTO, F. CARACTERIZAÇÃO DOS ANTIOXIDANTES EM CERVEJAS TIPO PILSEN SUPLEMENTADAS COM POLPA DE

- MARACUJÁ. **Energia na Agricultura**, v. 34, n. 3, p. 441–446, 2019.
- STEWART, G. . **A Brewer's Delight**. 6. ed. [s.l.] Chemistry and Industry, 2000.
- THAIPONG, K. et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 6–7, p. 669–675, 2006.
- TOMASSINI, T. C. B. et al. GÊNERO PHYSALIS - UMA REVISÃO SOBRE VITAESTERÓIDES. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 47–57, 2000.
- TOZETTO, L. M. et al. Production and physicochemical characterization of craft beer with ginger (*Zingiber officinale*). **Food Science and Technology**, v. 2061, n. 4, p. 962–970, 2019.
- TRINDADE, S. C. **Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Ciencia e Tecnologia dos Alimentos) Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2016.
- TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e Cervejarias: a história, a arte e a tecnologia**. São Paulo: Aden Editora, 2001.
- UBUOH, E. A.; COSMAS, U.; EZE, E. C. Analysis of metal concentrations in selected canned beers consumed in Owerri Urban, Imo State, Nigeria. **European International Journal of Science and Technology**, v. 2, n. 8, p. 90–95, 2013.
- VAGA, A. J. **Princípios da Tecnologia de Alimentos**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1998.
- VELASQUEZ, H. J. C.; GIRALDO, O. H. B.; ARANGO, S. A. P. ESTUDIO PRELIMINAR DE LA RESISTENCIA MECÁNICA A LA FRACTURA Y FUERZA DE FIRMEZA PARA FRUTA DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.). **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v. 60, n. 1, p. 3785–3796, 2007.
- VELJOVIC, M. et al. The fermentation kinetics and physicochemical properties of special beer with addition of prokupac grape variety. **Chem. Ind. Chem. Eng. Q.**, v. 21, n. 3, p. 391–397, 2015.
- VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de Cerveja**. Jaboticabal: Funep, 2000.
- VENTURINI FILHO, W. G. et al. **Biotecnologia Industrial– Biotecnologia na Produção de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
- VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas Alcoólicas: ciência e tecnologia**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi : avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 50–58, 2012.
- WANNENMACHER, J.; GASTL, M.; BECKER, T. Phenolic Substances in Beer : Structural Diversity , Reactive Potential and Relevance for Brewing Process and Beer Quality. v. 0, p. 1–36, 2018.
- WU, S.-J. et al. Antioxidant Activities of *Physalis peruviana*. **Biol. Pharm. Bull.**, v. 28, p. 6–9, 2005.
- ZAPATA, P. J. et al. Phenolic , volatile , and sensory pro fi les of beer enriched by macerating quince fruits. **Food Science and Technology**, v. 103, p. 139–146, 2019.
- ZHAO, H. et al. Phenolic profiles and antioxidant activities of commercial beers. **Food Chemistry**, v. 119, p. 1150–1158, 2010.
- ZIMMER, T. B. R. **Physalis pubescens L: Avaliação físico química, bioativa, antioxidante, antimicrobiana e antitumoral de frutos oriundos da região Sul do Rio Grande do Sul**. [s.l.] (Dissertação de Mestrado).Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.