

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Dagna Sunara Hübner

**PRODUÇÃO DE CERVEJA ESTILO CATHARINA SOUR COM POLPA DE
PITAIA (*Hylocereus polyrhizus*) E GENGIBRE (*Zingiber officinale Roscoe*)**

FLORIANOPOLIS - SC

2019

Dagna Sunara Hübner

**Produção de cerveja estilo Catharina Sour com polpa de
pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) e gengibre(*Zingiber officinale Roscoe*)**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal de
Santa Catarina como requisito para a obtenção do
Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de
Alimentos

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Carmen Maria Olivera Müller

Coorientador: Prof. Dr. José Miguel Müller

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Hübner, Dagna Sunara
Produção de cerveja estilo Catharina Sour com polpa de
pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) e gengibre (*Zingiber
officinale Roscoe*) / Dagna Sunara Hübner ; orientadora,
Carmen Maria Olivera Müller, coorientador, José Miguel
Müller, 2019.
62 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos,
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2. Cerveja,
Catharina sour, *Hylocereus polyrhizus*. I. Müller, Carmen
Maria Olivera . II. Müller, José Miguel . III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos. IV. Título.

Dagna Sunara Hübner

Produção de cerveja estilo Catharina Sour com polpa de pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) e gengibre(*Zingiber officinale Roscoe*)

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Florianópolis, 27 de novembro de 2019

Prof^a. Dr^a. Carmen Maria Olivera Müller

Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Carmen Maria Olivera Müller

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dr^a. Isabela Maia Toaldo

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dr^a. Vivian Maria Burin

Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado a minha mãe Paula Hübner que por si só é um exemplo de superação.

Em especial ao meu companheiro Lourival Coelho Nunes, que há 15 anos me ampara, incentivo para que meus sonhos e projetos se realizem.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao meu marido e meus familiares, pois sem eles eu não chegaria tão longe e nem sonharia em alcançar cada vez mais sucesso em minha caminhada!

Aos amigos que fiz durante toda a minha caminhada pela UFSC, tenho certeza que levo um pedacinho de cada um em mim.

A Universidade Federal de Santa Catarina e todos os mestres que tive na Universidade e na vida, pois com eles o caminho se tornou menos árduo, e a caminhada se mostrou possível.

Ao Prof. José Miguel Müller que aceitou o desafio de ser meu coorientador, mesmo sabendo das dificuldades a serem enfrentadas, tendo muita paciência e dedicação. A Natalia Silva de Faria que dedicou seu tempo para fazer as análises comigo das amostras, ao Chefe de expediente Jonas Fedrigo sempre prestativo em auxiliar nas questões burocráticas e administrativas.

Agradeço imensamente à minha orientadora Professora Carmen Maria Olivera Müller, a quem tenho inestimável admiração, e pelo inventivo, amizade, confiança e dedicação, e por estar sempre presente nos momentos difíceis durante toda a trajetória nestes anos de graduação.

RESUMO

A cerveja é uma bebida de grande consumo no mundo que se caracteriza por ser uma bebida refrescante, de baixas calorias e elevado valor nutricional quando comparada a outras bebidas alcóolicas. Diferentes estilos de cerveja são consumidos no mundo e se caracterizam por apresentar compostos com atividade antioxidante originários das matérias-primas ou gerados durante o processo de fabricação. Dentre os estilos, ganham destaque as cervejas Catharina Sour, um estilo desenvolvido em Santa Catarina e caracterizado pela adição de frutas e alta acidez. Na primeira etapa do trabalho foram realizadas diferentes formulações de polpas de frutas/especiarias. As 4 formulações de polpas de frutas/especiarias avaliadas foram: polpa de pitaia (*Hylocereus polihizus*) e gengibre (*Zingiber officinale Roscoe*), polpa de pitaia e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), polpa de pitaia e hortelã (*Mentha spicata*) e polpa de pitaia, hortelã e gengibre. A partir da elaboração destas formulações selecionou-se a formulação contendo 98% de polpa de pitaia e 2% de gengibre. Neste contexto o objetivo deste trabalho foi elaborar uma cerveja estilo Catharina Sour a base de pitaia (*Hylocereus polihizus*) e gengibre (*Zingiber officinale Roscoe*) e avaliar a capacidade antioxidante na bebida em função do pH e teor de fruta adicionado. Foram elaboradas quatro cervejas com adição de 5 e 10% de polpa de pitaia e gengibre em dois pH diferentes (3,4 e 3,9) e uma cerveja controle (sem adição de polpa de pitaia e gengibre). As cervejas foram avaliadas quanto ao teor de compostos fenólicos, pH, atenuação aparente, álcool teórico e densidade. Os resultados indicaram que o pH não foi alterado na maturação mantendo os valores ajustados, o teor alcoólico variou entre 4,06% a 4,47% e a atenuação aparente variou de 74,1 a 79,1. A cerveja elaborada com 10% de polpa de pitaia e gengibre apresentou o maior teor de compostos fenólicos totais e maior valor de atividade antioxidante frente ao radical DPPH. Os teores de polpa de pitaia e gengibre adicionados no processo de fermentação secundária produziram cervejas com capacidade antioxidante superior à cerveja controle indicando que a inclusão destes ingredientes pode ser uma alternativa de sabor e aroma e de compostos antioxidantes neste estilo de cerveja.

Palavras-chave: Cerveja, Catharina sour, *Hylocereus polihizus*.

ABSTRACT

Beer is a widely consumed drink in the world that is characterized by being a refreshing, low calorie drink and high nutritional value when compared to other alcoholic beverages. Different styles of beer are consumed worldwide and are characterized by presenting compounds with antioxidant activity originating from the raw materials or generated during the manufacturing process. Among the styles, Catharina Sour beers stand out, a style developed in Santa Catarina and characterized by the addition of fruits and high acidity. In the first stage of the work different formulations of fruit / spice pulps were carried out. The 4 formulations of fruit / spice pulps evaluated were: pitaia (*Hylocereus polyhizus*) and ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) pulp, pitaia and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, pitaia and mint pulp (*Mentha spicata*), pitaia, mint and ginger pulp. From the elaboration of these formulations, the formulation containing 98% of pitaia pulp and 2% of ginger was selected. In this context the objective of this work was to elaborate a Catharina Sour style beer based on pitaia (*Hylocereus polyhizus*) and ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) and to evaluate the antioxidant capacity in the drink as a function of pH and added fruit content. Four beers were made with the addition of 5 and 10% pitaia and ginger pulp at two different pH (3.4 and 3.9) and a control beer (without the addition of pitaia and ginger pulp). Beers were evaluated for phenolic content, pH, apparent attenuation, theoretical alcohol and density. The results indicated that the pH did not change at maturity keeping the adjusted values, the alcohol content ranged from 4.06% to 4.47% and the apparent attenuation ranged from 74.1 to 79.1. Beer made with 10% of pitaia and ginger pulp presented the highest content of total phenolic compounds and the highest value of antioxidant activity against the DPPH radical. The levels of pitaia and ginger pulp added in the secondary fermentation process produced beers with higher antioxidant capacity than control beer indicating that the inclusion of these ingredients may be an alternative of flavor and aroma and antioxidant compounds in this beer style.

Keywords: Beer, Catharina sour, *Hylocereus polihizus*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo de elaboração das cervejas	34
Figura 2 - Etapa de Mosturação (a), formação de espuma(b).....	35
Figura 3 - Etapa de filtração	36
Figura 4 - Sachê <i>Lactobacilos Brevis</i>	37
Figura 5- Fruto de pitaia (a), pitaia descascada (b), polpa pitaia e gengibre(c)	38
Figura 6 - Cerveja antes da adição da polpa (a) e após adição da polpa (b)	40
Figura 7 Cerveja estilo Catharina Sour com pitaia e gengibre (a) e (b).....	41
Figura 8 - Amostras de cerveja para análises	42
Figura 9 – Superfície de resposta do efeito do teor de polpa de pitaia e gengibre e do pH sobre o teor de compostos fenólicos totais	47
Figura 10: Gráfico de Pareto dos efeitos do teor de polpa de pitaia e gengibre e do pH sobre o teor de compostos fenólicos totais	47
Figura 11- Superfície de resposta da atividade antioxidante em equivalente de Trolox ($\mu\text{mol/L}$) (Método DHHP) em função das variáveis codificadas: X_1 (teor de polpa) e X_2 (pH).....	50
Figura 12 - Gráfico de Pareto dos efeitos em resposta a atividade antioxidante (DPPH)	50
Figura 13 – Superfície de resposta da atividade antioxidante de equivalente ao Trolox ($\mu\text{mol/mL}$) (Método FRAP) em função das variáveis codificadas: X_1 (teor de polpa) e X_2 (pH).....	52
Figura 14 - Gráfico de Pareto Gráfico de Pareto dos efeitos em resposta a atividade antioxidante (Método FRAP)	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais grupos enzimáticos e funções	26
Tabela 2 - Características do estilo Catharina Sour	30
Tabela 3 - Ingredientes utilizados para fabricação do mosto primário	33
Tabela 4 - Matriz do delineamento experimental com valores codificados (X1 e X2).	40
Tabela 5 – Resultado da análise físico-química da cerveja elaborada com polpa de pitáia e gengibre	45
Tabela 6 – Concentração de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das amostras de cerveja.....	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	18
2.1	Definição de cerveja	18
2.2	Classificação das cervejas	18
2.3	Ingredientes	20
2.3.1	Água	20
2.3.2	Malte	21
2.3.3	Lúpulo	21
2.3.4	Leveduras	22
2.3.5	Adjuntos Cervejeiros	23
2.3.5.1	Pitaia (<i>Hylocereus sp</i>)	24
2.3.5.2	Gengibre (<i>Zingiber officinale Roscoe</i>)	24
2.4	Processo produtivo da cerveja	25
2.4.1	Moagem	25
2.4.2	Mosturação	26
2.4.3	Clarificação do mosto	27
2.4.4	Fervura	27
2.4.5	Fermentação	27
2.4.6	Maturação	28
2.4.7	Clarificação	29
2.4.8	Carbonatação e envase	29
2.5	Estilo de cerveja Catharina Sour e compostos fenólicos totais	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	Testes preliminares	31

3.2	Matéria Prima para elaboração da cerveja.....	32
3.3	Reagentes	32
3.4	Elaboração da cerveja.....	33
3.4.1	Mosturação.....	35
3.4.2	Clarificação	35
3.4.3	Primeira fervura do mosto e resfriamento.....	36
3.4.4	Inoculação dos lactobacilos.....	36
3.4.5	Segunda fervura e lupulagem	37
3.4.6	Resfriamento	37
3.4.7	Inoculação da levedura.....	37
3.4.8	Fermentação	38
3.4.9	Preparação da polpa de pitaia e gengibre.....	38
3.4.10	Maturação.....	39
3.4.10.1	Planejamento experimental para produção das cervejas estilo Catharinas Sour para adição de polpa de pitaia e gengibre.	39
3.4.11	Carbonatação e envase	40
3.5	Caracterização das cervejas.....	41
3.5.1	Determinação de pH	41
3.5.2	Determinação de sólidos solúveis (°Brix) do mosto cervejeiro	41
3.5.3	Atenuação aparente.....	42
3.5.4	Determinação da capacidade antioxidante	42
3.5.5	Método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil).....	43
3.5.6	Método FRAP (<i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>)	43
3.5.7	Análise de compostos fenólicos totais	44
3.5.8	Determinação densidade.....	44
3.5.9	Determinação do álcool teórico	44
3.6	Análise estatística	44

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	Caracterização das cervejas	45
4.1.1	Características físico-químicas do mosto da cerveja quanto a densidade, e da cerveja quanto a densidade, teor de álcool teórico e atenuação aparente.	45
4.2	Análise de compostos fenólicos totais (CFT)	47
4.3	Determinação da atividade antioxidante (AA)	49
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	55
	ANEXO A – Relatório Qualidade Água	62

1 INTRODUÇÃO

As cervejas são bebidas carbonatadas, obtidas por fermentação do mosto, por ação de leveduras (BRASIL, 2009). A palavra cerveja deriva do latim *bibere* (beber) que é uma referência a bebidas fermentadas. Embora sua origem seja desconhecida, há evidências de que a prática da cervejaria originou-se a mais de 6000 anos, na Mesopotâmia, região onde a cevada cresce em estado selvagem (VENTURINI, 2010).

A produção brasileira de cerveja é a terceira maior do mundo, com uma produção anual em torno de 14 bilhões de litros, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos (BRASIL, 2018). Na categoria consumo, o país ficou classificado em 15º lugar, sendo consumidos em média 62 litros cerveja por pessoa ao ano (BARTH-HAAS GROUP, 2012). Em 2018, segundo o Anuário da Cerveja no Brasil, divulgado em 23 de janeiro pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) o país conta com 889 cervejarias registradas e 210 fábricas foram abertas, foram registrados 6,8 mil registros de produtos de cerveja/chope no último ano (MÜLLER; MARCUSSO, 2018). A cada ano aumenta o registro de cervejarias artesanais registradas junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), demonstrando a diversidade de opções existentes no mercado.

Uma grande parcela das cervejas artesanais ou especiais provém de microcervejarias, sendo consideradas cervejas de alta qualidade e caracterizadas por apresentar sabores e aromas diferenciados que visam atender as demandas dos consumidores mais exigentes que buscam novas experiências ao consumir cerveja (TSCHOPE, 2001)

Uma prática cada vez mais comum é a adição de frutas em cervejas brasileiras, em 2014 o MAPA publicou uma revisão dos padrões de identidade e qualidade de cerveja, permitindo o uso de adjuntos como frutas e mel (BRASIL, 2014). As cervejas produzidas com frutas ganham notoriedade, pois, além de incorporar cor, aroma e sabor, sua incorporação favorece o processo fermentativo devido ao incremento do teor de açúcares. Além disso, as frutas apresentam em sua

composição quantidade significativa de antioxidantes e podem ajudar na estabilidade da espuma e agregar possíveis benefícios funcionais (MEIRELES *et al.*, 2015).

Na cerveja os compostos fenólicos, estão diretamente relacionados com a qualidade físico-química e sensorial (sabor, aroma, cor), estabilidade coloidal e conservação e contribuem de forma benéfica à saúde humana (CALLEMIEN *et al.*, 2010). A ocorrência de compostos fenólicos deve-se principalmente ao malte e lúpulo utilizados na produção da cerveja, fazendo com que o conteúdo total de antioxidantes no produto dependa da matéria prima, do tipo de cerveja, do tipo de fabricação utilizado (GERHAUSER, 2005).

A Catharina Sour é um estilo de cerveja tem origem no Estado de Santa Catarina baseada no estilo cerveja *Berliner Weisse*, uma cerveja de trigo alemã muito clara, refrescante, de baixo teor alcoólico, com uma acidez láctica limpa e um nível muito alto de carbonatação, mas que na versão brasileira é acrescida de frutas frescas, o seu baixo amargor, o corpo leve, o teor moderado de álcool e a carbonatação moderada permitem que o sabor e o aroma da fruta sejam o foco principal da cerveja tendo uma identidade própria e genuinamente brasileira. Em 2016 a Associação das Microcervejarias artesanais de Santa Catarina (ACASC) junto a um grupo de cervejeiros se propuseram propagar este estilo de cerveja Catharina Sour o estilo se espalhou para outros Estados no Brasil. Em 2018, o *Beer Judge Certification Program* (BJCP), uma organização, criada nos Estados Unidos (EUA) para estabelecer metodologia de avaliação e julgamento para competições, e responsável pela criação de um importante guia de estilos de cerveja reconheceu o estilo *Catharina Sour* como um estilo de cerveja provisório que poderá ingressar nas diretrizes oficiais.

Nesse sentido este trabalho tem a finalidade de avaliar a incorporação de diferentes concentrações de pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) e gengibre (*Zingiber officinale Roscoe*) em uma cerveja estilo Catharina Sour, quanto ao teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Elaborar cervejas Catharina Sour com de diferentes concentrações de polpa de pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) e gengibre (*Zingiber officinale Roscoe*) e diferentes pH e avaliar o teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar testes preliminares com os adjuntos.
- Elaborar quatro cervejas estilo Catharina sour adicionando o adjunto em diferentes proporções (5%, 10% de polpa pitaia e gengibre e diferentes pH na etapa de maturação) e uma cerveja controle (sem adição de polpa de pitaia e gengibre).
- Otimizar as condições de obtenção de cervejas por aplicação de planejamento fatorial 2^2 , avaliando a influência das variáveis como concentração de polpa de pitaia e gengibre (X_1) e diferentes pH (X_2) associado a Metodologia de Superfície de Resposta.
- Caracterizar o mosto e as cervejas quanto ao pH, sólidos solúveis, densidade, teor de álcool e atenuação aparente.
- Determinar o teor de compostos fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu e a atividade antioxidante por dois métodos *in vitro*: DPPH e FRAP.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Definição de cerveja

No Brasil, pelo Decreto nº 6871/09, regulamentando a Lei nº 8.918, de 14/07/1994 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que trata sobre a obrigatoriedade da padronização, registro, classificação, inspeção e fiscalização da produção e comércio de bebidas. Segundo esta legislação, a cerveja é definida como "a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo" sendo permitido o uso de adjuntos (BRASIL, 2009).

2.2 Classificação das cervejas

As cervejas são classificadas de diferentes formas pela legislação brasileira de acordo com seu teor de álcool e extrato, pelo malte ou de acordo com o tipo de fermentação. Quanto ao extrato a cerveja pode ser denominada: leve, comum, extra ou forte. Em relação à cor, as cervejas podem ser classificadas em claras, escuras ou coloridas. Além disso, utiliza-se um padrão de análise de cor por espectrofotometria que é expresso em unidades de EBC (*European Brewing Convention*) segundo a qual a cerveja clara apresenta menos 20 unidades EBC e a cerveja escura valor igual ou superior a 20 unidades de EBC (BRASIL, 2009; VENTURINI FILHO, CEREDA, 2001). Quanto ao teor alcoólico, a cerveja pode ser classificada em: cerveja sem álcool ou cerveja com álcool, quando conteúdo for menor que 0,5% (em volume) ou igual ou superior a este, respectivamente. Quanto ao malte pode ser denominada pela proporção de malte de cevada, em cerveja puro malte, cerveja e cerveja de (nome do cereal predominante) (BRASIL, 2009; VENTURINI FILHO; CEREDA, 2001). Quanto à fermentação, as cervejas estão divididas em cerveja de alta fermentação denominadas *Ale*, e as de baixa fermentação denominadas *Lager* (CERVESIA, 2007). A principal diferença entre os tipos *Ale* e *Lager* é a etapa de fermentação. Nas cervejas tipo *Ale* o processo

fermentativo é realizado em temperatura mais elevadas, variando 18 a 25°C e com alta fermentação, onde as leveduras ficam no topo do tonel. Nas cervejas *Lager* o início da fermentação ocorre com as leveduras no fundo do tonel e as temperaturas de processo variam entre 9 e 15 °C, diferenciando-se assim da cervejas *Ale*. Por outro lado, há subdivisões em tipos *Lager* e *Ale* que se diferenciam quanto aos parâmetros como teor alcoólico, cereal utilizado, quantidade de lúpulo, micro-organismos utilizados, adjuntos entre outros.

A utilização de processos, ingredientes e combinações, torna a produção da cerveja bastante diversificada possibilitando a produção de uma vasta gama de cervejas.

Os dois principais manuais de estilos de cervejas conhecidos mundialmente são o *Brewers Association* – BA e o *Beer Judge Certification Program* – BJCP. Ambos se baseiam nas principais escolas cervejeiras, (a Alemã, a Belga, a Inglesa e Americana) e classificam as cervejas em sub-estilos, considerando para esta tal atributos como aroma, aparência, sensação na boca e paladar (SANTOS, 2014).

Em julho de 2018, foi reconhecido no *Beer Judge Certification Program* (BJCP), a cerveja estilo *Catharina Sour* como o primeiro estilo de cerveja brasileiro. A *Catharina Sour* teve origem em Santa Catarina, em homenagem ao Estado. É uma cerveja de alta fermentação, leve e refrescante, com graduação alcoólica entre 4 a 5,5%, amargor imperceptível, com acidez láctica limpa que é equilibrada pela adição de frutas frescas e pouco adstringente. Quanto à coloração pode variar de acordo com a fruta utilizada e/ou as especiarias adicionadas, as características de frutas devem estar evidenciadas, porém o sabor não deve parecer artificial e nem cozido, com colarinho médio a alto e com boa retenção de espuma. O amargor deve ser extremamente baixo 2-8% IBU (*International Bittering Units*/Unidades internacionais de amargor) e a carbonatação moderadamente alta (BJCP, 2018).

Atualmente, existem no mercado mais de 20 cervejarias que apresentam *Catharina Sour* em seus portfólios, exemplos são a cervejaria Armada em São Jose com uma *Catharina Sour* com butiá, Cervejaria Blumenau com uma *Catharina Sour* com maracujá, a Alles Blau *Catharina Sour* com amora, Lohn Bier com uma *Catharina Sour* com jabuticaba, Schornstein com a *Catharina Sour* com cupuaçu. 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.

A produção de cervejas com adição de frutas é uma possibilidade presente em outros estilos, como as cervejas do estilo *Fruit Beer*, cerveja de trigo frutada adicionada de fruta e fermentada espontaneamente. De acordo com BJCP, é uma categoria de cerveja feita com mais variadas frutas ou combinação de frutas que dão a harmonia entre as características da fruta e o estilo base utilizado. (STRONG, ENGLAND, 2015). A Catharina Sour não se enquadra como *Fruit Beer* tendo como base uma cerveja que utiliza malte pilsen e trigo e o uso exclusivo de frutas frescas e tropicais, atribuindo aroma e sabor forte de fruta adicionado (BJCP, 2018).

2.3 Ingredientes

A antiga lei da pureza da cerveja (*Reinheitsgebot*) foi instituída em 1516 pelo Duque Guilherme IV da Bavaria na Alemanha que estabeleceu que a cerveja deveria ser fabricada exclusivamente com os seguintes ingredientes: água, cevada, lúpulo sem qualquer aditivo (VENTURINI FILHO *et al.*, 2001; STANDAGE, 2005).

As Cervejas são constituídas principalmente por quatro ingredientes: água, malte, lúpulo e leveduras que em função do estilo de cerveja a ser produzido podem ser adicionados adjuntos e outros ingredientes.

2.3.1 Água

A qualidade da água é um fator importante para determinar a qualidade da cerveja, sendo o principal componente no decorrer de um processo cervejeiro, correspondendo aproximadamente 92% a 95% da composição final (VENTURINI, 2010; VENTURINI FILHO *et.al.*, 2001).

A água além de satisfazer os requisitos básicos como ser potável, transparente, incolor, inodora e insípida deve satisfazer as necessidades tecnológicas do processo. Deve apresentar pH na faixa de 4 e 9, e possuir

concentrações de cálcio próximo de 50mg/L. (VENTURINI, 2010; VENTURINI FILHO *et.al.*, 2001)

A estabilidade e aroma da cerveja são influenciados pelo teor de cálcio, cujos íons interagem com polifosfatos, reduzindo o pH e ativando as enzimas como as alfa-amilases durante a etapa de preparação do mosto favorecendo a hidrólise do amido e aumentando o teor de carboidratos fermentáveis. Por outro lado, o magnésio é um micronutriente das leveduras, apesar de ser obtido em maior quantidade do malte e não da água (TSCHOPE, 2001; VENTURINI FILHO *et.al.*, 2001; BOULTON;QUAIN, 2008).

2.3.2 Malte

O malte é obtido através do processo de malteação de cereais principalmente de cevada e outros cereais como, arroz, trigo, aveia, milho, sorgo etc. O processo de malteação é constituído pelas etapas de maceração, germinação e secagem de grãos. A maceração consiste em umedecer os grãos com condições controladas de temperatura e umidade para quebrar a dormência e promover a germinação do grão. A etapa da secagem é realizada para interromper o processo germinativo e as condições em que este processo é conduzido definem as características do malte, como cor, sabor e rendimento. Assim, grãos mais torrados resultam em maltes com menores rendimento de extração uma vez que os carboidratos participam das reações de escurecimento, diminuindo os sacarídeos disponíveis para fermentação (BRIGGS *et.al.*, 2004; REBELLO,2009; VENTURINE, 2010)

2.3.3 Lúpulo

O Lúpulo (*Humulus lupulus*) é uma planta trepadeira perene originária de climas temperados pertence à família das *cannabinaceae*. Na produção de cerveja, somente as flores fêmeas não fecundadas são utilizadas devido a conter lupulina que é um material resinoso de sabor amargo predominando as antocianinas,

resinas, taninos e alfa-ácidos (humulonas) e beta-ácidos (lupulona) (VENTURINI FILHO *et.al.*, 2001; KEUKELEIRE, 2000).

Os alfa e beta-ácidos são responsáveis pelo amargor da cerveja e estabilidade bacteriológica além de promover a estabilidade da espuma (REINHOLD, 1997).

Os óleos essenciais do lúpulo contribuem positivamente no aroma e no sabor da cerveja com uma mistura complexa de mais de 250 componentes que apresentam notas florais, frutadas, picantes, terrosas e cítricas, fazendo parte da essência de muitos estilos de cerveja. Os lúpulos com elevado teor de óleos essenciais são frequentemente referidos como lúpulos aromáticos, que usualmente são adicionados no final do processo de mosturação ou durante a fermentação (KEUKELEIRE, 2000).

O lúpulo pode ser comercializado na forma de cones secos (*in natura*), pellets ou extratos, podendo ser classificados em função de seus efeitos sobre a qualidade organoléptica da cerveja em: lúpulos que produzem amargor, aromáticos, ou de duplo objetivo (VENTURINE, 2010).

2.3.4 Leveduras

. As leveduras são classificadas como fungos, são microrganismos unicelulares, e tem uma alta atividade metabólica e constituem um dos quatro principais ingredientes da cerveja (VENTURINI FILHO *et.al.*, 2001; VENTURINI, 2010).

O tipo de levedura utilizada influencia no sabor e aroma da cerveja e, portanto, é fundamental conhecer suas propriedades para determinar qual utilizada é a mais apropriada para produzir um determinado estilo de cerveja. Alguns fatores que devem ser levados em conta na escolha da levedura são: açúcares a serem metabolizados; teor de oxigênio necessário para o crescimento; quantidade de metabólitos formados após a fermentação e características de floculação da levedura (VENTURINI FILHO *et.al.*, 2001; VENTURINI, 2010)

Existem centenas de variedades de leveduras, sendo que, habitualmente, se dividem em dois grandes grupos: (a) leveduras de alta fermentação (*Saccharomyces cereviae*) habitualmente utilizadas em cervejas *Ale*, e as leveduras de baixa fermentação (*Saccharomyces uvarum*, antes conhecidas por *Saccharomyces carisbergensis*) tipicamente utilizadas na produção de cervejas *Lager* (TSCHOPE,2001; VENTURINI FILHO *et.al.*, 2001; VENTURINI,2010)

Há ainda uma terceira forma de fermentação, chamada fermentação espontânea, característica das cervejas *Lambic*, tradicionalmente produzidas na Bélgica. A cerveja encontra-se exposta a elementos naturais e a fermentação ocorre devido à presença de leveduras e bactérias selvagens presentes no ambiente. Estas características do processo fermentativo fazem com que estas cervejas apresentem certa acidez que está associada às leveduras do género *Brettanomyces Lambicus* e bactérias lácticas e acéticas existentes no ambiente (BJCP, 2015).

2.3.5 Adjuntos Cervejeiros

Adjuntos cervejeiros podem ser definidos como os ingredientes além da água, malte, lúpulo e levedura que são adicionados à cerveja com finalidades específicas. Sua utilização pode ser por razões econômicas, uma vez que reduzem o custo na produção do extrato, e/ou contribuir com a qualidade físico-química e sensorial da cerveja produzida. De acordo com a legislação brasileira, parte do malte de cevada pode ser substituído por adjuntos cervejeiros, cuja quantidade não pode ultrapassar a 45% em relação ao peso total do mosto (VENTURINI FILHO *et.al.*, 2001; BRASIL, 2014)

O uso de novos adjuntos na elaboração de cervejas especiais vem se tornando um diferencial nas microcervejarias brasileiras, aonde vem sendo utilizados uma variedade de substratos como: pitaia, acerola, amora, morango, abacaxi, beterraba, mandioca, batata, chocolate, etc (VENTURINI, 2010).

2.3.5.1 Pitaia (*Hylocereus sp*)

A pitaia (*Hylocereus sp*), é uma fruta tropical, com aparência exótica, sabor doce e suave, com características nutricionais e funcionais interessantes. É uma planta da família das cactáceas, originária das Américas (CORDEIRO *et al.*, 2015). É conhecida mundialmente por vários nomes como "*Dragon Fruit (Fruta-do-Dragão)*", *pitahaya*, *honolulu queen*, *liang tian chi*, *red pitaya* e no Brasil pitaia. A espécie *Hylocereus polyrhizus* apresenta casca de cor vermelha, sem presença de espinhos, polpa de cor avermelhada e sabor adocicado e apresenta diversas sementes pequenas e de coloração preta distribuídas em todo o interior da fruta (LORENZI *et al.*, 2006).

A pitaia vem sendo considerada uma fruta promissora para o cultivo, devido a sua aparência, sabor doce e suave, polpa firme e às suas propriedades nutricionais e funcionais (MARQUES *et al.*, 2011). Além de açúcares característicos de frutas, a pitaia apresenta polissacarídeos e compostos fenólicos, além de betacianinas, betalainas, betaxantinas, pigmentos avermelhados que pertencem ao grupo de bioflavonoides, e apresentam propriedades antioxidantes (RUIZ, 2000)

Os principais estados produtores de pitaia são São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais e Pará, responsáveis por 77% do total produzido no País. A época de colheita é de dezembro a abril no Sul e Sudeste, na região norte e nordeste, a produção ocorre o ano todo (RIBEIRO, 2019)

2.3.5.2 Gengibre (*Zingiber officinale Roscoe*)

O gengibre (*Zingiber officinale Roscoe*) é uma planta herbácea perene, da família *Zingiberaceae* originária do Sudeste Asiático, que se caracteriza por ser uma planta aromática, apresentar rizoma ramificado e espesso, talo vertical robusto e folhas lanceoladas pontiagudas. (ALBURQUERQUE, 1989). O rizoma é amplamente utilizado como matéria-prima para fabricação de bebidas, produtos de confeitaria como pães, bolos, biscoitos e geleias e em diferentes pratos, além de ser utilizado como ingredientes em infusões e medicamentos (MAGALHÃES, 1997; NEGRELLE,

2005). No Brasil, o gengibre é cultivado principalmente no Espírito Santo, Santa Catarina, Paraná e no sul de São Paulo e é comercializado *in natura*, em conserva, cristalizado, seco e em pó (PALHARIN, 2008).

O rizoma do gengibre apresenta sabor fortemente pungente e aroma característico associados a presença de compostos terpenoides entre os que se destacam o gingerol, zingibereno, curcumeno, sesquifelandreno e bisabolenos, além de aldeídos monoterpênicos e álcoois (ALBURQUERQUE, 1989; BEAL, 2006). Os óleos essenciais de gengibre podem variar sua composição em função de época de colheita, processo de secagem, origem geográfica, no entanto, os principais responsáveis pelo aroma permanecem constantes (BEAL, 2006). Segundo Lee, Kim e Ashmore (1985), o gengibre apresenta propriedades antioxidantes, conferindo aumento de vida útil de produtos alimentícios onde é adicionado.

2.4 Processo produtivo da cerveja

O processo produtivo da cerveja pode sofrer inúmeras variações nas etapas ou na ordem das mesmas, em função do estilo de cerveja que se deseja produzir (*Pilsen, Weiss, Fruitbeer, Catharina Sour*) ou em função da escala de produção (grandes cervejarias, microcervejarias, artesanais)

A produção da cerveja é um processo biotecnológico, dividido em três etapas principais, dentro dos quais devem ser cumpridos vários procedimentos: a produção do mosto; o processo fermentativo e o acabamento ou pós-tratamento da cerveja (VENTURINI FILHO *et.al.*, 2001)

2.4.1 Moagem

A moagem do malte tem por objetivo liberar o endosperma do grão com a quebra da casca, de forma uniforme, aumentando a área superficial e promovendo, desta forma uma melhor atuação enzimática. Caso a moagem não seja realizada corretamente pode resultar em duas condições indesejáveis: grãos grossos ou grãos muito finos. Se a mistura resultante conter grãos grossos poderá causar perda de

produção e alteração significativa na densidade do mosto. Se a mistura conter grãos muito finos poderá acarretar a extração de taninos durante a brassagem causando adstringência, além da possibilidade de causar entupimento dos equipamentos. Portanto, a etapa de moagem tem influência direta sobre a velocidade das transformações físico-química, o rendimento, a clarificação e a qualidade final da cerveja (BRIGGS *et al.*, 2004; VENTURINI, 2010),

2.4.2 Mosturação

A mosturação consiste na mistura homogênea dos cereais maltados moídos e adjuntos, juntamente com água quente onde se controlam a temperatura e tempo visando a ativação enzimática de modo a promover a solubilização dos açúcares complexos dos grãos (amido). Nesse sentido, deve-se considerar além destes fatores (tempo e temperatura) o grau de acidez, concentração do meio e qualidade do malte que também influenciam no processo enzimático (VENTURINI, 2010).

A faixa de temperatura de aquecimento e o pH utilizados no processo estão associados a enzimas conforme esquematizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais grupos enzimáticos e funções

Enzima	Melhor faixa de temperatura (°C)	Escalas de pH Ótimo	Substrato
Hemicelulase	40-45	4,5-4,7	hemicelulose
Exopeptidase	40-50	5,2-8,2	Proteínas
Endopeptidase	50-60	5,0	Proteínas
β -amilase	60-65	5,4-5,6	Amido
α -amilase	70-75	5,6-5,8	Amido

Fonte: Adaptado de VENTURINI (2010)

Ao final do processo de mosturação é feito o teste com solução de iodo, na faixa de temperatura de 70-75°C a fim de verificar a sacarificação (hidrólise) do amido. Na ausência da cor roxo-azulada, característica da presença de amido, a solução é então aquecida aproximadamente a 76°C com objetivo de interromper a

ação das enzimas, com o objetivo de controlar o “corpo” da cerveja e facilitar o processo de filtração. (VENTURINI, 2010).

2.4.3 Clarificação do mosto

Esta etapa tem como objetivo a separação do bagaço de malte do mosto líquido de modo a obter o máximo de extrato através de um processo de filtração onde a casca e o mosto atuam como meio filtrante. Após essa etapa é realizada a lavagem do resíduo sólido com intuito de recuperar o extrato que fica retido na torta e elevar o rendimento do processo (VENTURINI, 2010).

O bagaço do malte, separado nesta operação pode ser utilizado para fabricação de ração animal ou, adicionado de outros componentes, na formulação de alimentos para consumo humano devido a seu valor nutritivo e seu alto teor em fibras (ZUPPARDO, 2010)

2.4.4 Fervura

Depois do mosto clarificado e sem cascas, é realizado um processamento térmico, denominado fervura onde o mesmo é aquecido até a ebulição com a finalidade de inativar as enzimas, tratar termicamente o mosto, promover a precipitação de substâncias como taninos e proteínas, extrair compostos amargos e aromáticos do lúpulo, evaporar a água excedente e volatilizar substâncias não desejáveis como o diacetil, que comprometem o sabor final da cerveja (VENTURINI, 2010).

2.4.5 Fermentação

Finalizado o processo de fervura, o mosto passa por uma série de etapas cuja finalidade é retirar o material precipitado na fervura, resfriamento e posterior aeração. Com a finalidade de permitir a inoculação do fermento, o mosto é resfriado até 18-22°C no caso de cerveja tipo Ale (alta fermentação) e até 7-15°C para nas

cervejas tipo Lager (baixa fermentação). O tratamento final do mosto consiste em promover a aeração que é essencial para o crescimento da levedura cervejeira que realizada através do metabolismo oxidativo (VENTURINI, 2010).

Logo a seguir ocorre a etapa fermentação onde sucede a biotransformação do mosto em cerveja através da conversão dos açúcares contidos no mosto em etanol e gás carbônico (CO₂) pelas leveduras sob condições de anaerobiose. Além destes compostos principais, as leveduras produzem compostos secundários, responsáveis pelo aroma e sabor cujos teores variam em função das condições de crescimento celular que são, por sua vez, influenciadas pelas condições do processo (VENTURINI, 2010).

O processo de fermentação pode ser modificado conforme o estilo de cerveja a ser produzida e, uma vez finalizada a fermentação primária, o resultado é uma cerveja denominada “cerveja verde” que precisa passar por outro processo fermentativo chamado de maturação ou fermentação secundária antes da finalização do produto.

2.4.6 Maturação

Na fermentação secundária o extrato fermentável, residual da cerveja verde, e proveniente da fermentação primária, continua a ser lentamente fermentado. O processo de maturação continua, mesmo depois do término da fermentação secundária sendo conduzido a temperaturas em torno de 0°C, por um período que varia de duas a quatro semanas (VENTURINI, 2010).

A maturação tem como objetivos (i) a clarificação da cerveja mediante a remoção das células de levedura por sedimentação; (ii) a retirada de componentes causadores de turbidez através do resfriamento que é realizado nesta etapa; (iii) saturação da cerveja com gás carbônico; (iv) desenvolvimento do aroma e o sabor da cerveja, através da redução de diacetil, acetaldeído, e ácido sulfídrico, bem como o aumento do teor de éster responsáveis pelo aroma e sabor que caracterizam a bebida; (v) manter a cerveja no seu estado reduzido, evitando que ocorram

oxidações que comprometam sensorialmente a cerveja (ALMEIDA E SILVA, 2005; VENTURINI, 2010).

2.4.7 Clarificação

A clarificação se faz necessária para eliminar partículas suspensas, leveduras, substâncias coloidais e outras substâncias insolúveis presentes no líquido de modo que a bebida fique mais límpida. Existem quatro técnicas básicas de clarificação que podem ser utilizadas individualmente ou combinadas: sedimentação por gravidade, uso de clarificantes, centrifugação e filtração (VENTURINI, 2010).

2.4.8 Carbonatação e envase

O processo de carbonatação da cerveja pode ser realizado pela injeção forçada de CO₂, em linha ou tanque em que há a inserção direta do gás no recipiente que contém a bebida (VENTURINI, 2010). A outra forma carbonatação denominada *primming*, habitualmente utilizada na produção artesanal, ocorre dentro da própria embalagem, sendo adicionadas quantidades extras de açúcares fermentáveis, o levedo residual ainda presente consumirá o açúcar produzindo álcool e CO₂, neste carbonatação pode ocorrer pequenas sedimentações.

O envase é o processo de engarrafamento, enlatamento ou embarrilamento da cerveja (VENTURINI, 2010). Deve-se garantir sanitização das embalagens, de modo a não ocorrer proliferação indesejada de microrganismos deteriorantes da cerveja.

2.5 Estilo de cerveja Catharina Sour e compostos fenólicos totais

Catharina Sour é um estilo próximo de uma *Berliner Weisse* porem com uma quantidade maior de extrato primitivo e com maior teor alcoólico, sendo obrigatório o uso de fruta. Segundo a legislação (MAPA n°54 de 05/11/2001), extrato primitivo ou original refere-se à quantidade de extrato inicialmente presente no mosto, ou “o

extrato primitivo é a quantidade de substâncias (extrato) do mosto que deu origem à cerveja e se expressa em porcentagem (%) em peso”. Cerveja Ale de malte pilsen e trigo, leve e refrescante. Teor alcoólico médio e amargor imperceptível, mosto acidificado por Lactobacilos e destaque no sabor da fruta fresca. A adição de frutas pós-fermentação são mais comuns, uma vez que é desejável um caráter de frutos frescos e não cozidos. O sabor do malte é muitas vezes ausente (BJCP, 2015).

Tabela 2 - Características do estilo Catharina Sour

Parâmetros	Valor
Densidade original (OG)	1,039-1,048
Amargor (IBU)	2-8
Densidade final (FG)	1,002-1,008
Cor (SRM)	2-7
Álcool (ABV)	4,0-5,5 %

Fonte: Adaptado BJCP (2015)

Vários estilos de cerveja apresentam compostos fenólicos na sua composição cuja origem pode ser associada às matérias-primas ou produzidos pelo processo de elaboração.

Os compostos fenólicos são produtos do metabolismo secundário de plantas, caracterizados por conter na sua estrutura um grupo fenol, constituído por uma hidroxila ligada ao anel aromático, nas formas simples ou polimerizadas, o que lhes confere o poder antioxidante (DAMODARAN,2010). As plantas contêm diversos componentes fenólicos como fenólicos simples, ácidos fenólicos, antocianinas e flavonoides. Estão distribuídos em grande escala em frutas, sementes, grãos, chás e temperos (DAMODARAN,2010). Nos últimos anos vem aumentando o interesse pelos compostos fenólicos presentes em frutas, a fim de agregar mais valor em produtos alimentícios, proporcionando efeitos que tragam benefícios a saúde (SILVA, 2003). Diversos estudos têm mostrado que substâncias antioxidantes presentes diariamente na dieta podem produzir uma ação protetora efetiva contra processos oxidativos no organismo, removendo ou prevenindo a formação de radicais livres e espécies reativas de oxigênio. Além disso, estudos têm

apontado que várias doenças podem estar ligadas aos danos causados por formas reativas de oxigênio, como câncer, aterosclerose, doenças do coração, diabetes, artrite o que fortalece a necessidade de dietas ricas em antioxidantes (ANGELIS, 1999; RAMARATHNAM, 1995).

Cervejas podem ser consideradas boas fontes de compostos fenólicos, que podem ser provenientes tanto do malte quanto do lúpulo. Os principais compostos fenólicos na cerveja são os ácidos fenólicos e flavonoides. O principal ácido fenólico, flavanol e isoflavonoide identificados são os ácidos gálico e férulico, (+)-catequina e formononetina, respectivamente (PREEDY, 2014; SILVA, 2003).

Estes compostos contribuem diretamente na qualidade físico-química da cerveja e são responsáveis pelo sabor, aroma e cor da mesma, tendo um papel fundamental nas propriedades organolépticas desta bebida. As cervejas do estilo Catharina Sour, podem ser uma interessante fonte de compostos fenólicos uma vez que a adição de frutas pode aumentar o teor destes compostos com consequente aumento da atividade antioxidante (CALLEMIEN *et.al.*, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho contemplou duas etapas. Na primeira etapa foram realizados testes preliminares para a padronização da fórmula de polpa com frutas e especiarias. Na segunda etapa, após a definição da melhor formulação de polpa de fruta e especiarias foi elaborado o planejamento experimental de 4 cervejas estilo Catharina sour com polpa de pitáia e gengibre e uma cerveja controle (sem adição da polpa de pitáia e gengibre).

3.1 Testes preliminares

Testes preliminares foram realizados no para as formulações de diferentes polpas. As formulações foram constituídas dos seguintes ingredientes básicos, água, polpa de fruta e ou especiarias. As fórmulas em estudo foram preparadas a partir da polpa de frutas ou combinação de polpa de frutas e ou especiarias sendo as

formulações: a) polpa de pitáia e gengibre; b) polpa de pitáia, gengibre e hortelã; c) polpa de pitáia e hortelã (*Mentha spicata*); d) polpa de pitáia e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). As fórmulas foram desenvolvidas variando as concentrações de polpa de fruta e especiarias. Para proceder às formulações, foram homogeneizados cada uma das polpas em um processador mixer (Marca Oster, Modelo 2620).

Após serem realizados os testes preliminares de formulações com diferentes opções e porcentagens de ingredientes, optou-se pela formulação da polpa de pitáia e gengibre nas proporções de 98% de polpa de pitáia e 2% de gengibre como melhor formulação para o presente estudo. A polpa de pitáia e gengibre foi elaborada e adicionada na etapa inicial de maturação nos galões PET 5L (Figura 6) conforme descrito no planejamento fatorial 2².

3.2 Matéria Prima para elaboração da cerveja

Os maltes Pilsen (Agraria) e trigo claro (*Dingemans*), o lúpulo *Mosaic Barth-Haas Group* (Alfa Ácidos 11,8%), e a levedura American Ale (LEVTECK), foram adquiridos em loja especializada (Ponto do Malte) em Florianópolis, os maltes foram moídos pelo fornecedor e a bactéria *Lactobacillus brevis* (LEVTECK) foram doadas pela empresa LEVTECK (Florianópolis, Brasil). As pitaias (*Hylocereus polyrhizus*) foram adquiridas no mercado local em Florianópolis, sendo selecionadas através dos seguintes parâmetros subjetivos: fruto desenvolvido, sem injúrias e maduros. O gengibre *in natura* e o açúcar foram adquiridos no mercado local.

3.3 Reagentes

Para a realização das análises físico-químicas foram utilizados: 2,2-Difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), Trolox, reagente Folin-Ciocalteu e 2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina (TPTZ) (Sigma-Aldrich). Carbonato de sódio anidro P.A., ácido gálico P.A., ácido clorídrico 37 % P.A. e cloreto de ferro III anidro P.A. (Neon. Iso-octano) P.A. e ácido láctico (84,5-85,5 %) P.A. (Vetec). Para a sanitização foi utilizada uma solução de 1 g/L de ácido peracético (P.A) 200 (ADPRO)

3.4 Elaboração da cerveja

A elaboração das cervejas iniciou com o preparo de mosto primário, cujos ingredientes utilizados são apresentados na Tabela 3.

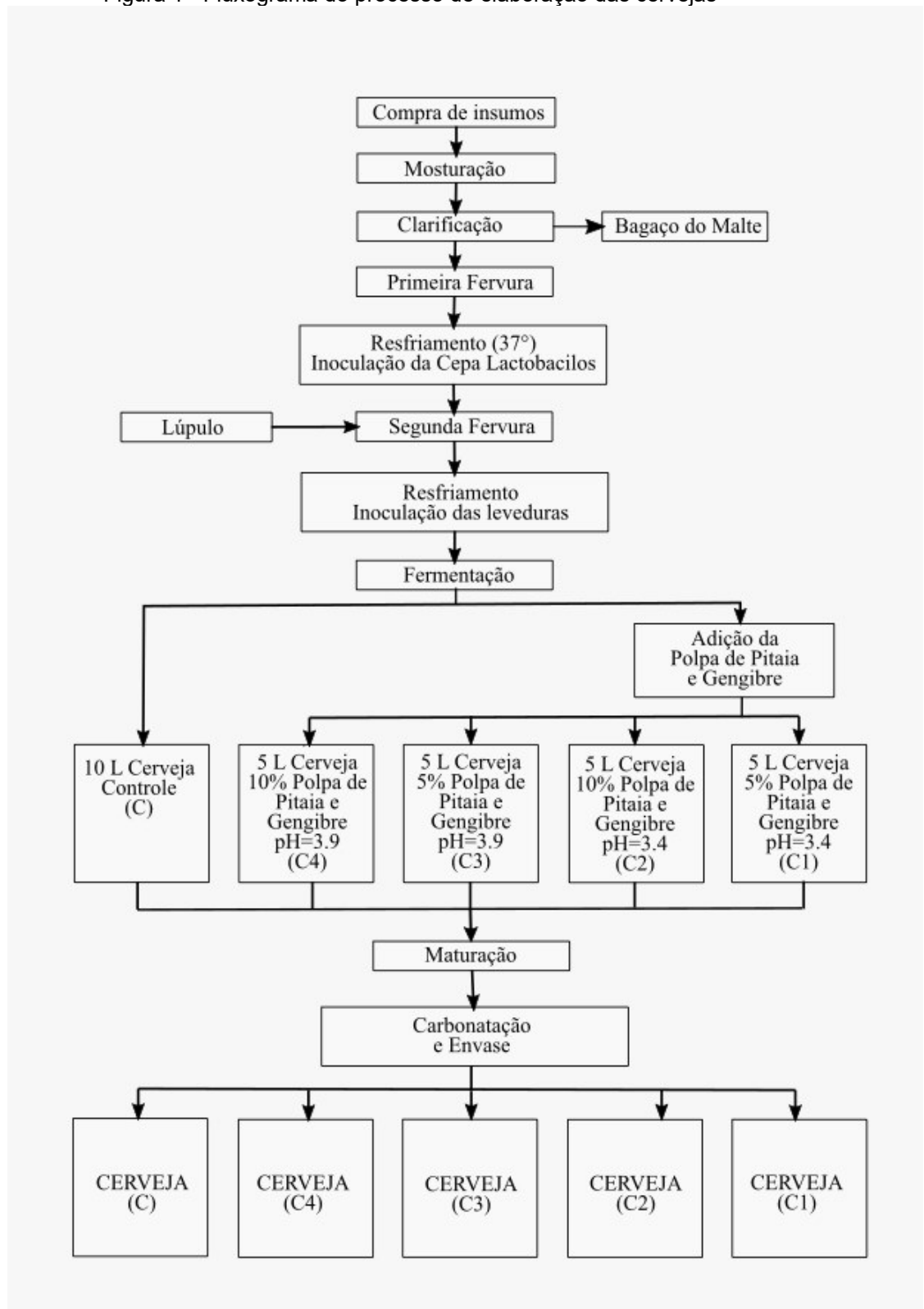
Tabela 3 - Ingredientes utilizados para fabricação do mosto primário

Matéria-prima	Quantidade
Malte Pilsen	5kg
Malte Trigo	2,5kg
Lúpulo Mosaic	12,55g

Fonte: Elaborado pela autor (2019)

A partir do mosto primário foram preparadas 4 cervejas estilo Catharina Sour em que se adicionou a polpa de pitaiá e gengibre na etapa de maturação conforme o planejamento experimental (Tabela 4) e 1 uma cerveja controle (sem adição de polpa de pitaiá e gengibre) conforme figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do processo de elaboração das cervejas

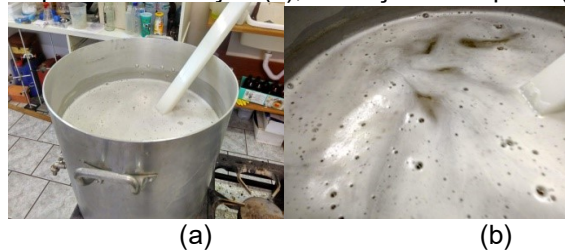


Fonte: próprio autor (2019)

3.4.1 Mosturação

Foram aquecidos 22L de água até a temperatura de 65°C na panela de mostura. Os maltes moídos foram adicionados a panela, permanecendo a 65°C por 60 minutos, para permitir a hidrólise do amido e consequente formação de maltose e outros açúcares. Após a conversão total do amido, foi conduzida a inativação das enzimas, elevando a temperatura do mosto para 76°C e mantida por 10 minutos, para finalizar a etapa de mosturação. O mosto foi homogeneizado (Figura 3) durante o processo de mosturação, para equalizar a temperatura.

Figura 2 - Etapa de Mosturação (a), formação de espuma(b)



Fonte: próprio autor (2019)

3.4.2 Clarificação

Ao término da hidrólise do amido, foi realizada a filtração para separar as cascas e demais resíduos sólidos do mosto. Nesta fase foi realizada a recirculação do mosto filtrado para promover a formação da “torta de grãos” que atua como camada filtrante e evita a passagem de constituintes insolúveis e cascas para o filtrado. Após esta filtração foi realizada a lavagem dos grãos da “torta” de malte retido no fundo da panela com 23L de água a 78°C para a extração do açúcar residual ainda aderido aos grãos. Após a etapa de lavagem, o bagaço do malte foi descartado e o mosto foi direcionado para etapa seguinte.

Figura 3 - Etapa de filtração



Fonte: próprio autor (2019)

3.4.3 Primeira fervura do mosto e resfriamento

Na etapa de fervura do mosto filtrado foi mantido em temperatura de ebulição por 5 minutos. Finalizado o tempo de ebulição, uma serpentina, com circulação de água a 20°C, foi inserida na panela, para promover o resfriamento do mosto até a temperatura de 37°C, sem agitação, de forma a evitar a aeração. Foi determinado a densidade do mosto 1.045 g/cm³, o teor de sólidos solúveis 11°Brix e o pH 5,37. A seguir o mosto foi acidificado com ácido láctico até pH 4,5.

3.4.4 Inoculação dos lactobacilos

Assim que o mosto atingiu a temperatura de 37°C, realizou-se a inoculação de cepas de *Lactobacillus Brevis* (LEVTECK) A seguir a panela foi vedada e colocada sobre um equipamento de agitador magnético com aquecimento (HJ-4 Magnetic Tirrer) o sistema de agitação foi acionado e ajustou-se o sistema de aquecimento para manter da temperatura do mosto a \pm 37°C. O sistema foi mantido nessas condições por \pm 24horas e durante este o período foi realizado o monitoramento do pH até o mosto atingir pH=4,0. Atingindo o pH 4,0 a panela com o mosto primário foi transferida até um fogão industrial para segunda fervura.

Figura 4 - Sachê Lactobacilos *Brevis*

Fonte: próprio autor (2019).

3.4.5 Segunda fervura e lupulagem

Após o mosto atingir pH=4,0, foi iniciado a segunda fervura em fogão industrial até atingir o ponto de ebulição e mantido nesta condição de fervura por 60 minutos. Faltando 20 minutos para finalizar esta etapa, foram adicionados 12,55g lúpulo *Mosaic (Barth-Hass Group)*. O lúpulo *Mosaic* foi selecionado por apresentar notas cítricas, de pinho e florais, laranja e limão que oferece uma combinação aromática de traços de frutas tropicais, florais e de terra, que favorecem o estilo da cerveja Catharina Sour.

3.4.6 Resfriamento

O resfriamento foi realizado com auxílio de um *chiller*, visando rápida diminuição da temperatura do mosto. Ao final desse processo foram verificados a densidade do mosto 1.054 g/cm³ e teor de sólidos solúveis 13,8°Brix. Em função destes parâmetros verificou-se a necessidade de proceder à correção do volume final do mosto para que foi realizada através da adição de água para obter o mosto final de 13°Brix.

3.4.7 Inoculação da levedura

Para a hidratação da levedura, sanitizou-se um *erlemeyer* e adicionou-se 200 mL de mosto (reservado anteriormente do mosto primário, antes da adição de

Lactobacillus Brevis) a temperatura de 25°C o conteúdo do envelope de leveduras de *American Ale* (Levteck) foi vertido no *erlenmeyer*, e colocado sobre um agitador magnético (Tecnal TE-0854) sob agitação suave de modo a facilitar o processo de hidratação.

3.4.8 Fermentação

O mosto com a levedura inoculada foi vertido no fermentador de inox com capacidade 50L com controlador de temperatura. Após período da fermentação por 7 dias, a levedura e os sedimentos do fundo do fermentador foram eliminados.

3.4.9 Preparação da polpa de pitáia e gengibre

As pitáias (*Hylocereus polyrhizus*) (1,5kg) e o gengibre (*Zingiber officinale Roscoe*) (30g) foram higienizadas em água potável, sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio (100 ppm) por 10 minutos, após foram descascadas manualmente e triturados em liquidificador de uso doméstico até obtenção da polpa de pitáia e gengibre homogeneizada. A polpa de pitáia e gengibre foi aquecida à 70°C durante 10 min e posteriormente resfriada em banho de gelo para adição na cerveja

Figura 5- Fruto de pitáia (a), pitáia descascada (b), polpa pitáia e gengibre(c)



(a)

(b)

(c)

Fonte: Próprio autor (2019)

3.4.10 **Maturação**

Após 7 dias de fermentação primária, o mosto fermentado foi distribuído em cinco galões PET de 5 L, sendo quatro cervejas com adição de polpa de pitaia e gengibre e uma cerveja controle (sem adição de polpa de pitaia e gengibre). Na formulação da cerveja controle (C) o processo de maturação ocorreu sem a adição de polpa de pitaia e gengibre. Nas demais formulações para produção da cerveja Catharina Sour utilizou-se um planejamento fatorial 2^2 cujas variáveis independentes foram a concentração de polpa adicionada e o pH ajustado com ácido láctico, conforme Tabela 4.

3.4.10.1 Planejamento experimental para produção das cervejas estilo Catharinas Sour para adição de polpa de pitaia e gengibre.

O planejamento experimental foi elaborado no início do planejamento da produção da cerveja estilo Catharina Sour. O planejamento experimental com dois níveis é extremamente importante porque a interpretação dos resultados obtidos pode ser feita de forma direta, através de senso comum, aritmética simples ou gráficos, neste experimento foi utilizado o método de superfície de resposta, permitindo mostrar os fatores de maior importância a serem utilizados na elaboração do produto e podendo indicar uma nova região experimental para futuros estudos. Sendo assim os experimentos foram desenhados aplicando um planejamento fatorial 2^2 que envolve dois fatores (X_1 e X_2) em dois níveis (-1 e +1), o que resulta em 4 ensaios. O fator X_1 está relacionado com a polpa de pitaia e gengibre e o fator X_2 encontra-se relacionado ao pH. As variáveis dependentes observadas foram a atividade antioxidante medida através de dois métodos (DPPH, FRAP) e teor de compostos fenólicos totais pelo método (Folin-Ciocalteu). Na Tabela 4 são apresentadas as faixas de valores codificados do planejamento experimental das quatro cervejas estilo Catharina Sour com adição de polpa de pitaia e gengibre.

Tabela 4 - Matriz do delineamento experimental com valores codificados (X_1 e X_2).

Ensaio	Variáveis codificadas		Níveis	
	X_1	X_2	Massa de polpa (X_1)	pH (X_2)
C1	-1	-1	250	3,4
C2	+1	-1	500	3,4
C3	-1	+1	250	3,9
C4	+1	+1	500	3,9

Onde: Cerveja 5% de polpa de pitaia e gengibre, pH 3,4 (C1), Cerveja 10% de polpa de pitaia e gengibre, pH 3,4 (C2), Cerveja 5% de polpa de pitaia e gengibre, pH 3,9 (C3), Cerveja 10% de polpa de pitaia e gengibre, pH 3,9 (C4), X_1 está relacionado com a polpa de pitaia e gengibre e o fator X_2 encontra-se relacionado ao pH

A seguir foi iniciado o processo de maturação que consistiu em colocar todos os galões (cervejas estilo Catharina Sour e cerveja controle) sob refrigeração (5°C) por 14 dias.

Figura 6 - Cerveja antes da adição da polpa (a) e após adição da polpa (b)



(a)

(b)

Fonte: próprio autor (2019)

3.4.11 Carbonatação e envase

Após a maturação, os galões foram retirados do refrigerador e a cerveja foi colocada em garrafas previamente higienizadas e sanitizadas. Para o processo de carbonatação, foi efetuado o *priming* (método de adicionar uma pequena quantidade de açúcar fermentável antes do envase para carbonatação da cerveja), com adição de uma solução de 8g/L de solução de sacarose. Foram utilizadas garrafas de vidro âmbar de 500 mL e adicionado 4g por garrafa de solução de

sacarose e fechadas com recravadora comum. Após o fechamento as garrafas foram armazenadas em ambiente seco e ao abrigo de luz por 7 dias.

Figura 7 Cerveja estilo Catharina Sour com pitaita e gengibre (a) e (b)



(a)

Fonte: próprio autor (2019)

(b)

3.5 Caracterização das cervejas

3.5.1 Determinação de pH

A determinação do pH do mosto e da cerveja foi realizada por medição direta em pHmetro digital previamente calibrado de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2005)

3.5.2 Determinação de sólidos solúveis (°Brix) do mosto cervejeiro

O teor de sólidos solúveis do mosto cervejeiro foi mensurado em refratômetro de bancada analógico, e o resultado expresso no próprio equipamento em °Brix.

3.5.3 Atenuação aparente

A atenuação aparente descreve a percentagem de açúcar de malte que é convertido, pela ação da levedura, em etanol e CO₂. Esta atenuação aparente foi determinada através do método EBC (1987), comparando a densidade inicial e final da cerveja através da Equação 1.

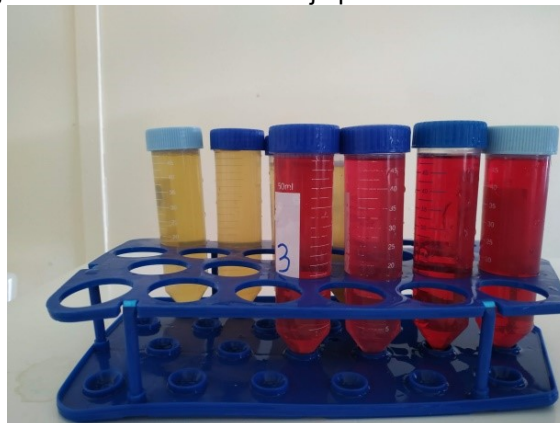
$$\text{Atenuação aparente\%} = \left[\left(\frac{D_i - D_f}{D_i - 1} \right) \right] \times 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde: D_i é a densidade inicial, D_f a densidade final

3.5.4 Determinação da capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante das amostras de cervejas foi determinada através de dois métodos *in vitro*: (i) A capacidade sequestrante do radical estável 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e (ii) o poder antioxidante de redução do íon férrico Fe³⁺. Os métodos foram escolhidos em virtude da diferença entre seus princípios. A curva padrão para ambos os métodos foi obtida com Trolox e etanol em diferentes concentrações.

Figura 8 - Amostras de cerveja para análises



Fonte: próprio autor (2019)

3.5.5 Método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil)

A determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH, consistiu na relação entre a amostra e o radical livre DPPH. A medida que a substância antioxidante doa átomos de hidrogênio ao radical livre, ocorre a diminuição da absorbância de 517nm, com simultânea mudança de coloração de violeta a amarelo pálido. Seguiu-se o método proposto por Kim *et al.*(2002), com leitura antes (A_0) e após 30 min (A_{30}) (ao abrigo de luz) a adição de 0,1mL da amostra de cerveja a 2,9mL do DPPH, em espectrofotômetro (Modelo U-1800, Hitachi, Tokyo, Japan) a 517nm de absorbância. Os resultados obtidos foram expressos em equivalente ao Trolox ($\mu\text{mol/L}$)

O percentual de inibição foi calculado pela equação 2.

$$\% \text{ inibição DPPH} = \left[1 - \left(\frac{A_{30}}{A_0} \right) \right] \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: A_0 = absorbância do DPPH antes adição da amostra;
 A_{30} = absorbância após 30min da adição da amostra

3.5.6 Método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*)

A Atividade antioxidante pelo método FRAP fundamenta-se na redução de Fe^{3+} para o complexo férrico-tripiridiltriazina na presença de antioxidantes, esta redução pode ser observada pela alteração de coloração de roxo claro para azul intenso. A absorbância final foi quantificada em espectrofotômetro (Modelo U-1800, Hitachi, Tokyo, Japan) a 620nm de absorbância (BENZEI; STRAIN, 1996; ARNOUS *et al.*, 2002) Em tubos de ensaio foi adicionado 200 μL de FeCl_3 (3 mM) que foram homogeneizados em vortex e levados ao banho-maria a 37°C por 30 minutos. Em seguida foi adicionado 3,6 mL de uma solução de TPTZ (10 mM em 50 mM HCl) e deixado em repouso por 10 min antes de realizar a leitura a 620nm de absorbância (BENZIE E STRAIN, 1996). Toda análise foi conduzida ao abrigo de luz. Os resultados foram expressos em equivalente de Trolox ($\mu\text{mol/mL}$)

3.5.7 Análise de compostos fenólicos totais

A determinação dos compostos fenólicos totais foi baseada no método de Folin-Ciocalteu modificado, método descrito de acordo com Singleton e Rossi (1965). A curva padrão foi preparada com ácido gálico e as leituras realizadas e, espectrofotômetro a 760nm de absorvância ($y=0,011x-0,0171$ e $R^2=0,998$). Os resultados foram expressos como equivalente de ácido gálico (mg EAG/L de cerveja)

3.5.8 Determinação densidade

Em uma proveta de 250mL, transferiu-se aproximadamente 200mL da amostra, e a densidade foi medida através de densímetro, sendo o resultado expresso na escala do próprio equipamento (FERREIRA, *et al.*, 2014).

3.5.9 Determinação do álcool teórico

O álcool teórico foi determinado pelo método EBC (*European Brewing Convention*) (1987) através da densidade, utilizou-se um densímetro em que alíquota de 200mL de mosto. O cálculo é realizado através da equação 3

$$ABV=(Densidade\ inicial - Densidade\ final) \times 131 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde: ABV é a concentração de álcool, expressos em porcentagem.

3.6 Análise estatística

As análises foram realizadas em triplicata e os dados obtidos foram expressos como média \pm desvio padrão. A rotina do desenho experimental foi realizada utilizando o software STATISTICA versão 10.0 (TIBCO Inc., Palo Alto, EUA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização das cervejas

4.1.1 Características físico-químicas do mosto da cerveja quanto a densidade, e da cerveja quanto a densidade, teor de álcool teórico e atenuação aparente.

Após o processo de mosturação o mosto apresentou densidade de 1,045 g/cm³ e após a fervura observou-se um aumento da densidade do mosto 1,054 g/cm³. Este comportamento pode ser atribuído ao processo de concentração que ocorreu durante a fervura pela evaporação de água. Os valores de densidade de 1.054 g.cm⁻³ estão acima dos limites aceitos para iniciar o processo de fermentação deste estilo de cerveja fazendo necessária a diluição do mosto antes de iniciar a fermentação conforme discutido nos procedimentos experimentais.

Os resultados referentes à caracterização físico-química das cervejas quanto a densidade final, teor alcoólico e atenuação aparente são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Resultado da análise físico-química da cerveja elaborada com polpa de pitáia e gengibre

Experimento/Amostra	C	C1	C2	C3	C4
Densidade final * (g/cm ³)	1,011	1,011	1,012	1,013	1,014
Álcool teórico* (% v/v)	4,47	4,47	4,33	4,20	4,06
Atenuação aparente* (%)	79,1	79,1	77,8	75,9	74,1

* Resultados de densidade final (g/cm³), Álcool teórico (% v/v), Atenuação aparente (%). Onde: Cerveja controle sem adição de polpa de pitáia e gengibre (C), Cerveja 5% de polpa de pitáia e gengibre, pH 3,4 (C1), Cerveja 10% de polpa de pitáia e gengibre, pH 3,4 (C2), Cerveja 5% de polpa de pitáia e gengibre, pH 3,9 (C3), Cerveja 10% de polpa de pitáia e gengibre, pH 3,9 (C4).

Observa-se que a densidade final das amostras variou de 1,011 g/cm³ até 1,014 g/cm³ e não foi influenciada pela adição da polpa de fruta.

Atenuação aparente é medida pela eficiência do fermento utilizado. A escala de atenuação das leveduras varia dos 65% a 80%. Sendo considerada de baixa (65-70%), média (71% a 75%) e alta atenuação (76%-80%) (PALMER, 2006). No experimento maioria das amostras tiveram atenuação alta (Tabela 5). As cepas com

alta atenuação geram uma cerveja mais alcoólica baixando a sua densidade enquanto uma cerveja com atenuação baixa deverá gerar uma cerveja mais encorpada e menos alcoólica. Nos dados da Tabela 5 pode-se observar estes dados.

A diferença de porcentagens de polpa de pitaiá e gengibre adicionadas as cervejas não tiveram muita variação no teor alcoólico teórico entre as cervejas estando os valores na faixa de 4,06% a 4,47% (Tabela 5). Geralmente adjuntos ricos em polissacarídeos tem um aumento progressivo no teor alcoólico (BRUNELLI, 2012). Segundo Freias (2013) podem ocorrer variações no teor alcoólico experimental, devido a diferentes condições de fermentação, sendo cada um dos galões com diferentes concentrações de frutas, o que altera o teor de açúcares, alterando a fermentação e conseqüentemente produzindo diferentes quantidades de álcool em cada um dos tratamentos.

4.1.2 Teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante.

Os resultados das análises quanto ao teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante (DPPH e FRAP) das 5 cervejas experimentais são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Concentração de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das amostras de cerveja

Amostras	Composto fenólicos totais* (mg EAG/L)	DPPH* (µmol de Trolox/L)	FRAP* (µmol de Trolox/mL)
C	248,5 ± 4,5	282,3 ± 2,96	20,2 ± 0,76
C1	353,5 ± 3,9	351,4 ± 30,79	27,8 ± 0,38
C2	409,9 ± 1,3	364 ± 0,16	31,4 ± 0,33
C3	353,1 ± 1,9	332,5 ± 12,93	29,5 ± 1,14
C4	404,9 ± 0,6	393,9 ± 6,65	24,0 ± 1,47

* Resultados expressos em média ± desvio padrão, Onde: Cerveja controle sem adição de polpa de pitaiá e gengibre (C), Cerveja 5% de polpa de pitaiá e gengibre, pH 3,4 (C1), Cerveja 10% de polpa de pitaiá e gengibre, pH 3,4 (C2), Cerveja 5% de polpa de pitaiá e gengibre, pH 3,9 (C3), Cerveja 10% de polpa de pitaiá e gengibre, pH 3,9 (C4)

4.2 Análise de compostos fenólicos totais (CFT)

Na figura 9 é apresentado o gráfico do efeito do teor de polpa de pitaia e gengibre e do pH sobre o teor de compostos fenólicos totais.

Figura 9 – Superfície de resposta do efeito do teor de polpa de pitaia e gengibre e do pH sobre o teor de compostos fenólicos totais

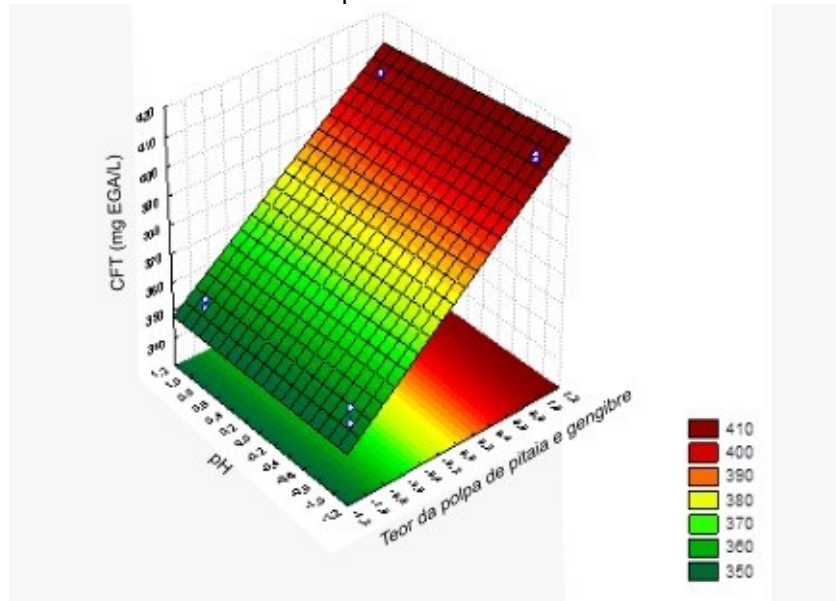
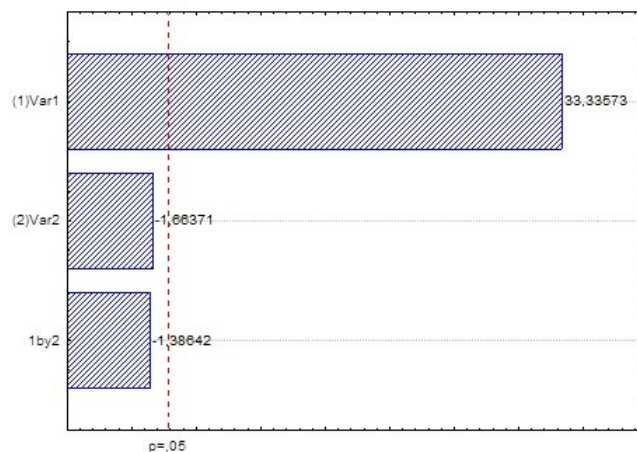


Figura 10: Gráfico de Pareto dos efeitos do teor de polpa de pitaia e gengibre e do pH sobre o teor de compostos fenólicos totais



Observa-se que o aumento do teor de polpa de pitaia e gengibre adicionado no processo de maturação da cerveja teve um efeito significativo positivo ($p < 0,0001$) sobre o teor de compostos fenólicos totais e o pH não influenciou neste parâmetro.

Esse comportamento está associado ao incremento dos compostos fenólicos provenientes da pitaia e do gengibre. Outros trabalhos têm pesquisado a contribuição que adição de frutas pode promover na quantidade de compostos fenólicos em cervejas e apontam que a adição de especiaria, frutas ou polpas de fruta promove um aumento do teor de compostos fenólicos totais (ARAUJO, 2016; TRINDADE, 2016). Por outro lado, muitos destes compostos como flavonoides e betalainas são sensíveis a mudanças de pH e embora não tenham sido encontrados estudos específicos sobre esse efeito nas cervejas estilo Catharina sour esta avaliação se faz necessária em função da acidez característica deste estilo. Neste sentido, os resultados encontrados neste estudo indicam que mesmo com valores de pH baixos uma parcela dos compostos fenólicos foi preservada .

Kim e colaboradores (2011) encontraram um valor de polifenóis para a pitaia vermelha de 491 mg EAG/100g . Observa-se que os valores foram semelhantes ao estudo de Martins (2016) para a pitaia vermelha onde o teor de fenólicos totais foi de 503,41 mg EAG/100g. Os diferentes resultados encontrados nos estudos sobre a pitaia para o teor de fenólicos totais provavelmente decorreram da utilização de frutos com diferentes origens e climas e graus de maturação (ABREU *et al.*, 2012).

O modelo que descreve esse comportamento é apresentado na equação 4

$$\text{CFT (mg de ácido gálico L}^{-1}\text{)} = 380,37 + 54,10 X_1 \quad (\text{Equação 4})$$

Onde X_1 corresponde a variável codificada que representa o teor de polpa de pitaia e gengibre.

Por outro lado, comparando o teor de fenólicos totais das cervejas Catharina sour com o controle observa-se que embora o controle apresente valores de compostos fenólicos totais médios de $248,5 \pm 4,5$ mg EAG/L, todas as cervejas em que ocorreu a adição de polpa, independentemente da quantidade e do pH , apresentaram valores significativamente maiores que o controle (Tabela 6).

Conforme reportado por Cortacero-ramirez *et al.* (2003), a cerveja possui uma complexa mistura de compostos fenólicos totais, sendo encontrado valores 150

a 350mg/L, onde aproximadamente 60% são provenientes do malte o que explica os teores de CFT encontrados na amostra controle.

Resultado similar foi reportado por Trindade (2016) que avaliado o teor de compostos fenólicos em cervejas artesanais não pasteurizadas, verificou o aumento destes compostos quando aumentou o teor de polpa de pitáia e gengibre.

4.3 Determinação da atividade antioxidante (AA)

A avaliação de atividade antioxidante *in vitro* foi realizada utilizando duas metodologias distintas DPPH e FRAP. Sendo os dois métodos baseados em reações químicas distintas. O método DPPH (2,2-difenil-1-picrihidrazila) é baseado na captura de radicais livres, enquanto o FRAP tem como princípio a capacidade de redução do ferro. Sendo classificados como não competitivos. Dessa forma, pode ser relevante a avaliação desse parâmetro com base nos métodos diferentes para avaliar a capacidade antioxidante de cada cerveja (TAFULO, 2008).

Segundo Gerhauser (2005), os constituintes fenólicos presentes na cerveja provêm entre 70-80% do malte e 20-30% do lúpulo, o conteúdo total de antioxidantes no produto depende do tipo de cerveja, do tipo de fabricação, das matérias prima, condições de transporte armazenamento, podendo parte dos compostos antioxidantes serem degradados.

Na Figura 11 é apresentado o gráfico de superfície de resposta da atividade antioxidante de equivalente Trolox (μmol) (DHHP) em função das variáveis codificadas: X_1 (teor de polpa) e X_2 (pH).

Figura 11- Superfície de resposta da atividade antioxidante em equivalente de Trolox ($\mu\text{mol/L}$) (Método DHHP) em função das variáveis codificadas: X_1 (teor de polpa) e X_2 (pH)

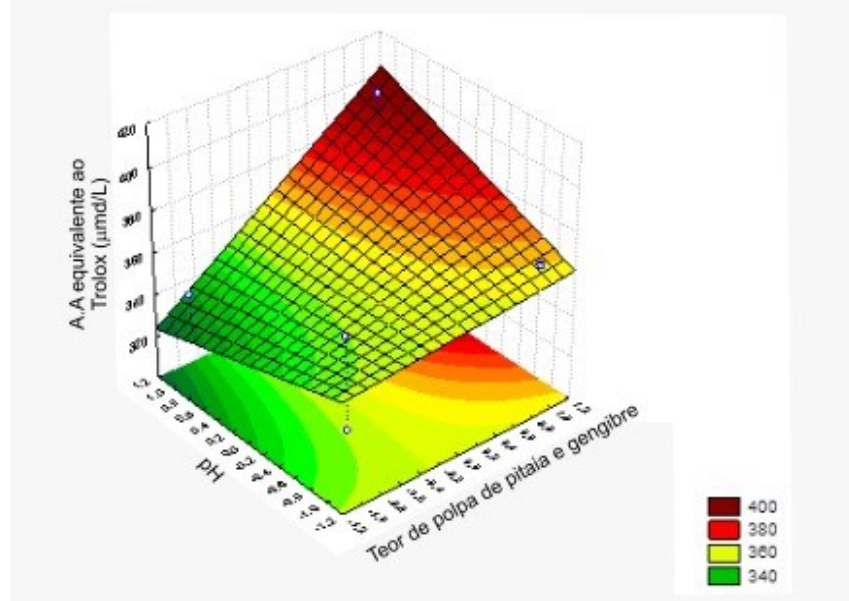
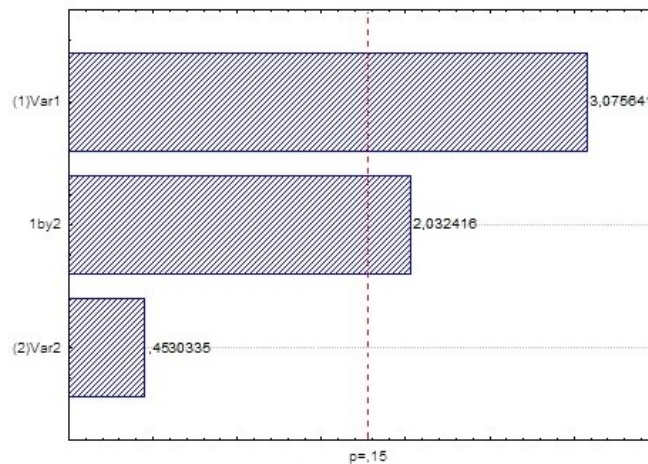


Figura 12 - Gráfico de Pareto dos efeitos em resposta a atividade antioxidante (DPPH)



A análise de variância do modelo indicou o efeito positivo do teor de polpa ($p < 0,02$) e um efeito positivo da interação de segunda ordem entre o teor de polpa e o pH ($p < 0,1$) indicando que a atividade antioxidante determinada através do método DPPH aumenta quando aumenta o teor de polpa e pH.

Segundo Mello (2014), as betalaínas presentes na casca da pitaia apresentam boa estabilidade em faixa de pH (3,0-7,0) e resistência ao aquecimento por 10 minutos a 100°C , na faixa de pH de 3,7 a 5,5.

O modelo que descreve o efeito do teor de polpa e do pH sobre a atividade antioxidante determinada pelo método de DPPH é apresentado na equação 5 em termos das variáveis codificadas.

$$\text{AA equivalente de Trolox}(\mu\text{mol/L}) = 360,45 + 18,10X_1 + 2,73X_2 + 12,23X_1 \cdot X_2 \quad (\text{Equação 5})$$

O efeito sinérgico da adição de polpa e pH sobre a atividade antioxidante das cervejas avaliadas indica que o controle do pH é um fator importante, que deve se ajustado no processo de elaboração da cerveja pode promover um aumento na atividade antioxidante das cervejas estilo Catharina Sour. Além disso como o pH não teve efeito significativo sobre o teor de CFT podemos associar que a atividade antioxidante das cervejas não está unicamente associada a estes compostos e sim a outros componentes da cerveja advindos do malte, lúpulo, frutas, especiarias.

Comparando-se a atividade antioxidante determinada pelo método de DPPH do controle com as cervejas Catharina Sour (Tabela 6) observa-se que o controle apresentou menor atividade antioxidante que demais cervejas avaliadas. Por outro lado cabe ressaltar que a cerveja com maiores valores de pH e teor de polpa apresentou o maior valor quando comparada a cerveja controle corroborando os resultados da análise estatística do fatorial.

Na Figura 13 é apresentada a superfície de resposta da atividade antioxidante em equivalente de Trolox ($\mu\text{mol/mL}$) (Método FRAP) em função das variáveis codificadas: X_1 (teor de polpa) e X_2 (pH), revelou um efeito negativo do pH.

Figura 13 – Superfície de resposta da atividade antioxidante de equivalente ao Trolox ($\mu\text{mol/mL}$) (Método FRAP) em função das variáveis codificadas: X_1 (teor de polpa) e X_2 (pH).

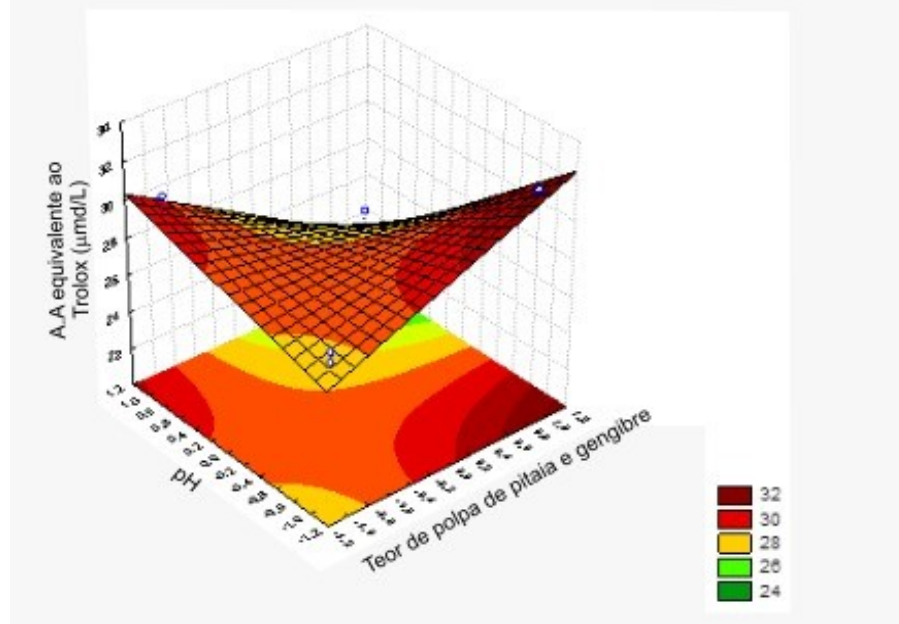
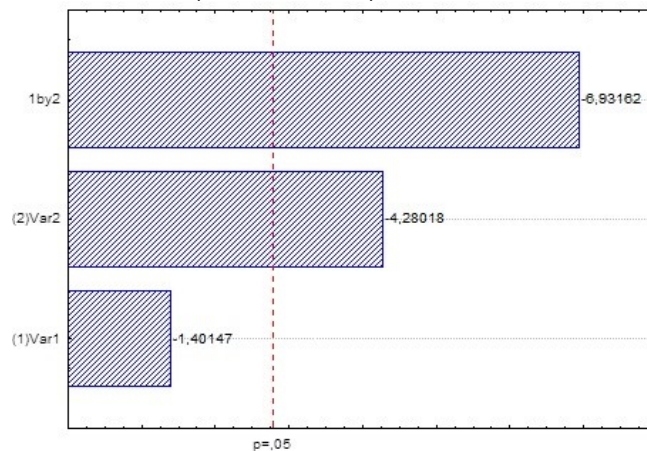


Figura 14 - Gráfico de Pareto dos efeitos em resposta a atividade antioxidante (Método FRAP)



O modelo que descreve o efeito do teor de polpa de pitaia e gengibre e do pH sobre a atividade antioxidante determinada pelo método de FRAP é apresentado na equação 6 em termos das variáveis codificadas.

$$\text{AA equivalente de Trolox } (\mu\text{mol/mL}) = 28,16 - 0,93X_1 - 2,83X_2 - 4,58X_1.X_2 \quad \text{Equação 6}$$

A análise de variância dos resultados de atividade antioxidante pelo método FRAP revelou um efeito significativo e negativo do pH ($p < 0,01$) e uma interação de

segunda ordem entre o pH e o teor de polpa significativa ($p < 0,002$) e negativa. Estes resultados indicam que as maiores atividades antioxidantes determinadas pelo método FRAP ocorreram quando se utilizou o maior teor de polpa e o menor pH e o menor teor de polpa e maior pH. O comportamento diferente dos resultados de atividade antioxidante determinados pelo método de DPPH e FRAP pode estar associado às características de cada método. Se por um lado o método de DPPH envolve mecanismos de transferência de elétrons e de átomos de hidrogênio, fundamentando-se na capacidade em reduzir o este radical (DPPH) o método de FRAP estima diretamente os antioxidantes e redutores da amostra. Além disso, o método FRAP, prevê a acidificação da amostra que em condições de pH menores mantém mais solúvel o ferro e a transferência de elétrons. (SHAHIDI; ZHONG, 2015).

Comportamento semelhante foi reportado por Nehring (2016) que avaliando capacidade antioxidante de grumixama (*Eugenia brasiliensis Lamarck*) observou diferenças nos valores de atividade antioxidante em função do método utilizado que atribui as diferenças nos métodos e as atividades diferentes dos compostos presentes.

Comparando-se a atividade antioxidante determinada pelo método de FRAP do controle com as cervejas Catharina Sour (Tabela 6) observa-se que o controle apresentou menor atividade antioxidante que demais cervejas avaliadas. Estes resultados indicam que as cervejas produzidas apresentam capacidade antioxidante e capacidade de reduzir o radical DPPH podendo contribuir, não somente como um produto que apresenta esta funcionalidade, mas também contribui para a manutenção da qualidade da bebida.

5 CONCLUSÃO

Os resultados do presente trabalho demonstraram a possibilidade de elaborar cervejas com frutas e especiarias com alta qualidade e elevado potencial antioxidante. A partir dos resultados demonstrados, percebe-se que as cervejas elaboradas com 10% de polpa de pitáia e gengibre apresentaram maiores teores de compostos fenólicos totais e maiores percentuais de atividade antioxidante frente ao radical DPPH quando comparadas com as cervejas com 5% de polpa de pitáia e gengibre e com a cerveja controle sem adição de polpa e pitáia e gengibre. Todas as cervejas com adição de polpa de pitáia e gengibre obtiveram maiores teores de compostos fenólicos totais e maiores percentuais de atividade antioxidante pelo método DPPH e FRAP que a cerveja controle. As frutas e especiarias adicionadas e testadas nos diferentes percentuais mostraram excelentes resultados demonstrando a viabilidade de inclusão como alternativa de compostos antioxidantes em relação a cerveja controle.

Os resultados neste estudo indicam que a cerveja estilo Catharina Sour produzida a partir de matérias primas produzidas no estado de Santa Catarina pode ser um produto promissor com atividade antioxidante

Este trabalho contribuiu com a geração de dados sobre estilo de cerveja emergente e em processo de expansão no mercado.

Outros estudos são necessários para determinar a aceitabilidade do produto frente ao consumidor, bem como biodisponibilidade desses compostos e seus possíveis efeitos a saúde.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. M. **Plantas medicinais de uso popular**. Brasília: ABEAS/MEC. 96p. 1989.
- ALMEIDA e SILVA, J.B. Cerveja. In: Venturini Filho, G. W. **Tecnologia de Bebidas**, pp. 347-380, Edgar Blücher, Brasil, 2005.
- ANGELIS, R.C. Guia global alimentar. In: De Angelis RC. **Fome oculta. Impacto para a população do Brasil**. Rio de Janeiro: Atheneu, 1999.
- ARAÚJO, G. S. **Elaboração de uma cerveja ale utilizando melão de caroá [*sicana odorifera (vell.) naudim*] como adjunto do malte**. 2016. 133 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.
- ARNOUS, A.; MAKRIS, D.; KEFALAS, P. Correlation of pigment and flavanol content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, n. 6, p. 655-665, 2002.
- AQUARONE, E.; BORZANI W.; SCHMIDELL W.; LIMA; A. U. **Biotecnologia Industrial**. 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. P.91-143.
- BARTH-HAAS GROUP. **Beer production. Market Leaders and their Challengers in the Top 40 Countries in 2012**. Disponível em: <http://www.barthhaasgroup.com/images/mediacenter/downloads/pdfs/411/barthergae nzungsbberichtmlr20122.pdf> Acesso em: 12/08/2019.
- BEAL, B. H. **Atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos do gengibre (*Zingiber officinale Roscoe*)**. 2006. 87 p. Dissertação para título de Mestrado em Ciência dos Alimentos – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.
- BENZIE I, STRAIN J. 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry** 239:70-76.
- BJCP, Beer Judge Certification Program. **X4 Catharina Sour. 2018**. Disponível em: <http://dev.bjcp.org/beer-styles/x4-catharina-sour/> Acesso: 07/08/2019.
- BCJP - Beer Judge Certification Program **2015 Style Guidelines** (2015). Disponível em: <http://www.bjcp.org/style/2015/23/23D/lambic/>. Acessado em: 17/08/2019
- BOULTON, C.; QUAIN, D. **Brewing yeast and fermentation**. John Wiley & Sosn, UK . 2008.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, 2009. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 8, de 7 de jan. de 2014. Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) dos produtos de cervejaria no MERCOSUL **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder executivo, Brasília, 22 jan. 2014. Seção 1, p. 23

BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da cerveja no Brasil 2018**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV>. Acesso em: 07/08/2019

BRIGGS, Dennis E. *et. al.* **Brewing Science and practice**. Elsevier, 2004.

CALLEMIEN, D.; COLLIN, S. Structure, organoleptic properties, quantification methods and stability of phenolic compounds in beer: a review. **Food Reviews International**, 26, p. 1-84, 2010.

CERVESIA, **Tecnologia cervejeira**, 2007. Disponível em: <<https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/cerveja/cerveja-e-saude.html>> Acesso em: 15/08/2019.

COIMBRA, A.R.; MELO, F.; AGOSTINHO, P. **Cerveja e saúde**. Disponível em: http://www.ff.uc.pt/~mccast/nutricao/material/Cerveja_saude.pdf. Acessado em: 08 ago. 2011.

CORDEIRO, M. H. M. *et al.* CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E NUTRICIONAL DA PITAIA-ROSA DE POLPA VERMELHA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 37, n. 1, p.20-26, mar. 2015.

CORTACERO-RAMIREZ, S. *et al.* Analysis of beer components by capillary electroforesis methods. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 22, n. 7, p. 440-445, 2003.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed., Porto Alegre: Artmed, 2010, 900p

DIAS, P. M.; **Composição centesimal, atividade antioxidante, teor de compostos fenólicos ecotoxicidade da polpa de frutos de pitaiá branca (*Hylocereus undatus*) e pitaiá vermelha (*Hylocereus polyhizus*)**, 2016, 63p. Trabalho Conclusão Curso. Universidade federal de Juiz de Fora -PR

EUROPEAN BREWERY CONVENTION. **Analytica** — EBC. 4. ed., Zurique: Brauerei-und Getränke — Rundschau, 1987. 271p.

FERREIRA, A. S; BENKA, C. L. **Produção de cerveja artesanal a partir de malte germinado pelo método convencional e tempo reduzido de germinação**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curso de Tecnologia em Alimentos, Francisco Beltrão, 2014.

GERHAUSER, C. Beer constituents as potential chemopreventive agents. **European Journal of Cancer**, v. 41, p. 1941-1954, 2005.

GONZALEZ SAN JOSÉ, M. L.; MUNIZ RODRIGUEZ, P.; VALL BELLÉS, Y. V. **Actividad antioxidante de la cerveza: estudios in vitro e in vivo (1º parte)**. **Cerveza e Salud**. v. 154, p. 47-54, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v.a: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 4. Ed. São Paulo: IMESP, 2005. P. 104

KEUKELEIRE D. **Fundamentals of beer and hop chemistry**. *Química Nova*, v. 23, n.1

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

KIST, B. B. *et al.* **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2018** Santa Cruz do Sul, Ed. Gazeta. 88p. ISSN 1808-4931. 2018.

LEE, Y.B.; KIM, Y.S.; ASHMORE, C.R. Antioxidant property in ginger rhizome and its application to meat products. **Journal of Food Science**, v. 51, n.1, p. 20-23, 1986.

LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COHEN, K. O.; GUIMARÃES, T.G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 565-570, 2013.

LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N.T. V. Diversidade genética intra e interespecífica de pitaias com base nas características físico-químicas de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1066-1072, 2013.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura). Instituto Plantarum, 2006. Essencial - **Um guia prático para cuidar da saúde**, Editora Nova Cultural Ltda, São Paulo, 2001.

- MAGALHÃES, M.T. *et al.* Gengibre (*Zingiber officinale Roscoe*) brasileiro: aspectos gerais, óleo essencial e oleoresina. Parte (2) - secagem, óleo essencial e oleoresina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.17, n.2, p.132-6, 1997.
- MARQUES, V. B. *et al.* Fenologia reprodutiva de pitaia-vermelha no município de Lavras-MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.6,p.984-987, 2011.
- MEIRELES, M. *et al.* The impact of chronic blackberry intake on the neuroinflammatory status of rats fed a standard or high-fat diet. **The Journal of nutritional biochemistry**. V. 26, n. 11, p.1166-1173, 2015.
- MELO, E. de A. *et al.* Capacidade antioxidante de frutas. **Rev. Bras. Cienc. Farm.**, São Paulo , v. 44, n. 2, p. 193-201, jun. 2008 .
- MELLO, F. R. de, *et al.* Antioxidant properties, quantification and stability of betalains from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. **Ciência Rural**, Santa Maria , v. 45, n. 2, p. 323-328, Feb. 2015
- MOLINA, D.J; CRUZ,J. S. V.; QUINTO, C.D.V. **Producción y exportación e la pitahaya hacia el mercado europeo**.2009 115p. Monografía (Especialización em Finanzas) – Facultad de Economía y Negocios, QUITO, 2009.
- MÜLLER, C. V.; MARCUSSO, E. F. **Mapa informa: as cervejarias continuam a crescer**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. p. 1 – 4. 2018.
- NEGRELLE, R.R.B.; ELPO, E.R.S.; RÜCHER, N.G.A. Análise prospectiva do agro negócio gengibre no estado do Paraná. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.1022-8, 2005.
- NEHRING, P.; FETT, R. **Avaliação da capacidade antioxidante e compostos fenólicos em diferentes estádios de maturação da grumixama (*Eugenia brasiliensis Lamarck*)**. 2016 113p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.
- PALHARIN, L. H. D. C. *et al.* Estudo sobre gengibre na medicina popular. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, n. 14, p. 1- 4, 2008.
- PALMER, J. J. **How to brew: everything you need to know to brew beer right the first time**. Brewers Publications, 2006.
- PIMENTEL C. V. M. B; FRANCKI VM, GOLLÜCKE APB.-**Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Varela; 2005

PREEDY, V. R. **Processing and Impact on Antioxidants in Beverages**. Elsevier, p. 15-24, 2014.

RAMARATHNAM N, *et al.* **The contribution of plant food antioxidants to humans health**. Trends Food Sci Nutr 1995; 6 (3): 75-82.

REBELLO, F. De F. P. Produção de cerveja. **Revista Agrogeoambiental**, [S.l.], dez. 2009. ISSN 2316-1817.

REINHOLDD, M.R. **Manual Prático a cervejaria**. 1 ed. São Paulo: Adin, 1997. 213p.

RIBEIRO, C. *et al.* Pequenos mercados, Grandes valores!, **Revista Hortifruti Brasil**, Piracicaba, Ano17- n^o. 188, p. 10, 2019.

RUIZ, A. *et al.* Estudio fenológico de cactáceas en El Enclave Seco de La Tatacoa, Colombia. Biotropica, Malden, v. 32, n. 3, p. 39-407, 2000.

SANTOS, V. C. K. **Uma análise empírica sobre as preferências do consumidor Brasileiro de cervejas artesanais**. 2014. 44 f. Dissertação (Mestrado) - Fundação Getúlio Vargas, Escola de Pós-Graduação em Economia, Rio de Janeiro, 2014.

SEGTOEWICK, E. C. dos S.; BRUNELLI, L. T.; VENTURINI FILHO, W. G. Physicochemical and sensorial evaluation of a fermented West indian cherry beverage. **Brazilian Journal Food Technologic**. vol. 16, n.2, p.147-154. 2013.

SHAHIDI, F.; ZHONG, Y. Measurement of antioxidante capacity. **Journal of Functional Foods**, [S. l.], v. 18, p. 757-781, 2015.

SILVA, P. C. F. **Propriedades antioxidantes in vitro de uvas branca e de uva tinta e de seus respectivos vinhos elaborados**. 2003. 138 f. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SINGLETON, V.L.; JOSEPH, A.;ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, p.144-149, 1965.

STANDAGE, T. **Historia do mundo em 6 copos**. Zahar, 2005.

STRONG, G.; ENGLAND, K. **Beer Judge Certification Program: 2015 style guidelines**. Disponível em: <https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf> Acesso em: 06/08/2019.

TAFULO, P. A. R. **Capacidade antioxidante cervejas comerciais**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2008.

TRINDADE, S. C. **Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal.** Dissertação(mestrado)—Cascavel: Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e Cervejarias: a história, a arte e a tecnologia.** São Paulo: Aden Editora, 2001.

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

VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Bebidas Alcoólicas: ciência e tecnologia.** São Paulo: Blucher, 2010. v. 1 461 p. il. (Série Bebidas, 1).

ZUPPARDO, B. **Uso de goma *Oenogum* para estabilização coloidal e de espuma em cerveja.** Universidade de São Paulo, Piracicaba 2010.

APÊNDICE A - Ficha técnica de produção da cerveja

Estilo: *Catherine Sour*

Densidade inicial: 1,045

Amargor: 6 IBU

Cor: 4 EBC

Mosturação

pH: 5,37

Maltes	Kg
Pilsen	5,00
Trigo	2,50
TOTAL	7,50
Temperatura (°C)	Tempo (min)
65,0	60
76,0	10

Água	L
Mosturação	22,0
Lavagem dos grãos	23,0

Químicos	G
Ca ₂ Cl ₂ .H ₂ O	5,2
CaSO ₄ .2H ₂ O	4,5

Fervura 45 L

Lúpulo	Quantidade (g)	Tempo (min)	IBU
Mosaic	12,55	20	6
TOTAL	12,55	60	6

Fermentação

Levedura	American Ale x 2
Temperatura	18°C

Engarrafamento

Carbonatação	8g/L
Método	<i>Priming</i> c/ sacarose

ANEXO A – Relatório Qualidade Água

Relatório mensal da qualidade da água

Qualidade da água em Setembro/2019 para:

Município: [Florianópolis](#)
 Localidade: [Florianópolis](#)
 Sistema: [Sia - Florianópolis](#)
 Subsistema: [Florianópolis](#)

[[Selecionar Outra Localidade](#)]

Mês/Ano da Análise: --- Selecione --- ▼

INFORMAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUÍDA

Decreto Presidencial N° 5.440/05, Portaria N° 2914/11 MS e Portaria Estadual N° 421/16

1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS			
PARÂMETROS/AMOSTRAS	PORTARIA N° 2914/11	REALIZADAS	EM CONFORMIDADE
TURBIDEZ	169	1997	185
COR APARENTE	53	103	102
COLOR RESIDUAL	169	196	195
FLUOR	16	51	37

2 - CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS				
PARÂMETROS/AMOSTRAS	PORTARIA N° 2914/11	REALIZADAS	EM CONFORMIDADE	ATENDIMENTO AO PADRÃO
COLIFORMES TOTAIS	169	195	195	Sim
ESCHERICHIA COLI	169	195	195	Sim

CONCLUSÃO
EVENTUAIS ANÁLISES FORA DO PADRÃO FORAM REFEITAS E ACOMPANHADAS DE AÇÕES CORRETIVAS EM TEMPO HÁBIL, PARA GARANTIR A QUALIDADE DA ÁGUA, CONFORME PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO N.5/2017 MS

Fonte: Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN (2019)

