



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de São José do Rio Preto

Igor Silva de Sá

**PRODUÇÃO DE CERVEJAS BIOATIVAS COM BAIXO TEOR
ALCOÓLICO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E
SENSORIAL E ATIVIDADE *in vitro*, *in vivo* E *ex vivo* EM *Drosophila
melanogaster***

São José do Rio Preto
2023

Igor Silva de Sá

**PRODUÇÃO DE CERVEJAS BIOATIVAS COM BAIXO TEOR
ALCOÓLICO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E
SENSORIAL E ATIVIDADE *in vitro*, *in vivo* E *ex vivo* EM *Drosophila
melanogaster***

Tese apresentada como requisito para
obtenção do título de Doutor em Engenharia
e Ciência de Alimentos, junto ao programa
de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência
de Alimentos, do Instituto de Biociências,
Letras e Ciências Exatas da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Câmpus de São José do Rio Preto.
Financiadora: CAPES

Orientador: Prof. Dr. Vanildo Luiz Del
Bianchi

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Porto Ineu

São José do Rio Preto
2023

S111p

Sá, Igor Silva de

Produção de Cervejas Bioativas com Baixo Teor Alcoólico : Caracterização Físico-Química e Sensorial e Atividade In vitro, In vivo e Ex vivo em *Drosophila Melanogaster* / Igor Silva de Sá. -- São José do Rio Preto, 2023
132 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientador: Vanildo Luiz Del Bianchi

Coorientador: Rafael Porto Ineu

1. Açafração. 2. Curcumina. 3. Buriti. 4. Caroteno. 5. Compostos Fenólicos. I. Título.

Igor Silva de Sá

**PRODUÇÃO DE CERVEJAS BIOATIVAS COM BAIXO TEOR
ALCOÓLICO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E
SENSORIAL E ATIVIDADE *in vitro*, *in vivo* E *ex vivo* EM *Drosophila
melanogaster***

Tese apresentada como requisito para
obtenção do título de Doutor em Engenharia
e Ciência de Alimentos, junto ao programa
de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência
de Alimentos, do Instituto de Biociências,
Letras e Ciências Exatas da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CAPES

Comissão examinadora

Prof. Dr. Vanildo Luiz Del Bianchi - Orientador

UNESP – Campus de São José do Rio Preto

Profa. Dra. Adriana Beatriz Giménez

UNCuyo - Universidad Nacional de Cuyo

Prof. Dr. Guilherme Lorencini Schuina

IFRO - Instituto Federal de Rondônia Campus Ariquemes

Prof. Dr. Giovani Brandão Mafra de Carvalho

UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana

Prof. Dr. Antonio Roberto Giriboni Monteiro

UEM – Universidade Estadual de Maringá

São José do Rio Preto
28 de abril de 2023

“Seja forte e corajoso! Não se apavore
nem desanime, pois o Senhor, o seu
Deus, estará com você por onde você
andar”
(Josué 1:9)

AGRADECIMENTOS

“Agradeço, primeiramente, a Deus!” Desculpe o clichê da frase, mas realmente, passar por uma pandemia onde tinha tudo para dar errado na pesquisa e principalmente na saúde, não foi fácil. Então, foi a fé que me manteve firme na jornada.

À minha esposa, companheira, amiga, motivadora, Eloah, agradeço por todo apoio, mesmo antes de começar o doutorado e de a gente se casar, enfrentando tudo ao meu lado sem nunca reclamar. OBRIGADO DEMAIS!

Ao Johnnie, um cachorro/pessoa que é puro amor, que me alegra nos momentos mais difíceis e que está fazendo companhia para mim agora, enquanto escrevo essa tese.

Aos meus pais, irmãos, sogros e cunhados/concunhados que sempre apoiaram eu/nós aqui em São José do Rio Preto. Obrigado por todo apoio, carinho e pelas visitas para matar a saudade que sempre foi grande, entre outras coisas.

Agradeço ao meu orientador, Vanildo. Sempre é muito difícil lhe agradecer pelas coisas boas, pois citar 4 anos em um parágrafo é complicado. Obrigado professor, seus ensinamentos transcendem a pesquisa, sairei do doutorado, além de pesquisador, um cidadão melhor. Agradeço por todos os conselhos, as gargalhadas, as conversas, a paciência que o senhor sempre teve comigo, e por sempre ser ótimo com minha família.

Ao meu coorientador, Professor Rafael Porto Ineu, pelo apoio nas análises presentes nessa tese, pelas conversas que são muito boas e pelo apoio na viagem para Campo Mourão. Foi meu orientador de mestrado. Com certeza, para minha alegria, tive bons exemplos de orientadores.

Aos colegas Luciana, Carol, Monique, Leda, Dani, Breno, Onildo, Rafael, Jorge, João Vitor, Marcelo e todos com quem convivi diariamente, no laboratório ou na Unesp. Agradeço ao Guilherme e a Mariana pela disponibilidade diária em me introduzir no mundo da cerveja, e principalmente no mundo da pesquisa em cerveja.

A todos os servidores, docentes do DETA e técnico-administrativos da Unesp, tanto aqueles com quem convivi nos laboratórios/corredores como os que trabalhavam na portaria, sempre fui bem recebido e ouvido por todos!

Aos professores-membros da banca examinadora, pelas contribuições e correções feitas neste trabalho.

À Unesp e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, pela oportunidade de realizar este curso e estrutura fornecida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, à qual agradeço pelo suporte financeiro.

Muito obrigado!

RESUMO

A diversificação de produtos, no mercado de cerveja artesanal, está em ampliação, criando e diferenciando matérias-primas e tecnologias para produzir cervejas personalizadas em aromas, sabores e teor alcoólico. Concomitantemente, existe uma crescente demanda por produtos naturais funcionais benéficos à saúde humana. O objetivo é produzir cervejas com baixo teor alcoólico com adição de óleo de cúrcuma/açafrão-da-terra/açafrão e de buriti, a fim de diversificar as características sensoriais, bem como as atividades nutracêuticas analisadas através de ensaios *in vitro*, *ex vivo* e *in vivo*. Foram realizadas as análises de Turbidez, Potencial Iônico de Hidrogênio, Acidez Titulável, Compostos Fenólicos Totais, Teor Alcoólico, Teor de Sólidos Solúveis, Atividade Antioxidante. Realizou-se a Análise Sensorial e as caracterizações do conteúdo fenólico e dos açúcares por HPLC. Para as análises *in vitro* e *ex vivo*, foram avaliadas as atividades das enzimas AChE e BChE. Além disso, para avaliação *in vivo*, foi analisada a Taxa de sobrevivência/mortalidade em *Drosophila melanogaster*. Para avaliação dos dados, foram efetuadas as análises estatísticas com ANOVA seguida de Teste de Tukey e Dunnett a 5% de significância. Quanto a influência da mosturação e da fermentação na geração da bebida, os resultados das tratativas provaram que a temperatura de mosturação de 78°C, bem como o tempo de 15 minutos, permitiram a obtenção de uma cerveja de baixo teor alcoólico com o menor conteúdo de açúcares fermentescíveis. Em uma sensorial prévia, foram detectados alguns *off-flavors* resultando na modificação da pesquisa, de uma cerveja *lager* para uma *pale ale*. Sendo assim, preparou-se uma cerveja *pale ale* com a adição dos óleos essenciais no final da fervura. Quanto as análises físico-químicas, os óleos aumentaram o conteúdo fenólico do produto final, mantendo o baixo teor alcoólico e as análises biológicas evidenciaram uma melhor ação nutracêutica dessas cervejas. Além disso, os consumidores, na análise sensorial, assinalaram melhores notas para o sabor da cerveja de baixo teor alcoólico com 3g/L do óleo de açafrão, além de manter notas para todos os atributos acima de 5 (nem gostou e nem desgostou), ou seja, baixo índice de rejeição. Conclui-se que a utilização dos óleos de açafrão da terra e buriti aumentaram a concentração fenólica das cervejas, bem como tiveram ação antioxidante e neuroprotetora e foi bem aceita, pelos consumidores, na análise sensorial.

Palavras-chave: Açafrão. Curcumina. Buriti. Beta-caroteno. Nutracêutico

ABSTRACT

Product diversification in the craft beer market is expanding, creating and differentiating raw materials and technologies to produce customized beers in aromas, flavors, and alcohol content. Concomitantly, there is a growing demand for functional natural products beneficial to human health. The objective is to produce beers with low alcohol content with the addition of saffron and buriti oil, in order to diversify the sensory characteristics, as well as the nutraceutical activities analyzed through *in vitro*, *ex vivo* and *in vivo* assays. Turbidity, Ionic Hydrogen Potential, Titratable Acidity, Total Phenolic Compounds, Alcohol Content, Soluble Solids Content, Antioxidant Activity were analyzed. Sensory analysis and characterization of phenolic content and sugars by HPLC were performed. For *in vitro* and *ex vivo* analyses, the activities of AChE and BChE enzymes were evaluated. Furthermore, for *in vivo* evaluation, the survival/mortality rate in *Drosophila melanogaster* were analyzed. For data evaluation, statistical analyses were performed with ANOVA followed by Tukey and Dunnet's Test at 5% significance level. Regarding the influence of mashing and fermentation on the generation of the beverage, the results of the treatments proved that the mashing temperature of 78°C, as well as the time of 15 minutes, allowed to obtain a low alcohol beer with the lowest content of fermentable sugars. In a previous sensory analysis, some off-flavors were detected, resulting in the modification of the research from a lager to a pale ale beer. Thus, a pale ale was prepared with the addition of the essential oils at the end of the boil. As for the physicochemical analyses, the oils increased the phenolic content of the final product while maintaining the low alcohol content, and the biological analyses showed an improved nutraceutical action of these beers. In addition, consumers, in the sensory analysis, gave better grades to the flavor of the low alcohol content beer with 3g/L of saffron oil, besides keeping the grades for all attributes above 5 (neither liked nor disliked), that is, a low rejection rate. It is concluded that the use of turmeric and buriti oils increased the phenolic concentration of the beers, as well as had an antioxidant and neuroprotective action, and was well accepted by consumers in the sensory analysis.

Keywords: Turmeric. Curcumin. Buriti. Beta-Carotene. Nutraceutical

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Área de produção de uma microcervejaria.....	23
Figura 2. Esquema de produção de cerveja de baixo teor alcoólico.	26
Figura 3. Estrutura química dos compostos fenólicos.	30
Figura 4. Malte de Cevada com diferentes tratamentos de malteação.	33
Figura 5. Lúpulo (<i>Humulus lupulus</i>).....	34
Figura 6. Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.).....	38
Figura 7. Estrutura química do β -caroteno.	39
Figura 8. Açafrão-da-Terra (<i>Curcuma longa</i> L.).	40
Figura 9. Estrutura química da curcumina.....	41
Figura 10. Várias atividades biológicas com diferentes mecanismos de curcuminóides e seus derivados.	42
Figura 11. Atividade da AChE na sinapse colinérgica.....	43
Figura 12. Ciclo de vida das <i>Drosophila melanogaster</i>	44
Figura 13. Fluxograma de produção da cerveja de baixo teor alcoólico com malte pilsen.....	46
Figura 14. Fluxograma de produção da cerveja de baixo teor alcoólico com malte <i>pale ale</i>	48
Figura 15. Efeitos da fermentação no teor alcoólico.	56
Figura 16. Efeitos da temperatura e do tempo de mosturação no teor alcoólico.	57
Figura 18. Efeitos da adição do óleo de açafrão na cerveja de baixo teor alcoólico.	62
Figura 19. Efeitos in vitro das cervejas de baixo teor alcoólico BTA controle, com adição de óleo de açafrão (1) e com adição de óleo de buriti (2) sobre os Tióis totais.....	66
Figura 20. Avaliação da oxidação dos Tióis totais no tecido de DM alimentadas de cervejas de baixo teor alcoólico com adição de óleo de açafrão (1), óleo de buriti (2) e BTAcontrole.	67
Figura 21. Efeitos das amostras BTAcontrole, com adição de óleo de açafrão (1) e com adição de óleo de buriti (2) sobre a oxidação do radical do DPPH.....	68

Figura 22. Efeitos das cervejas de baixo teor alcoólico BTAcontrole, com adição de óleo de açafrão (1) e com adição de óleo de buriti (2) sobre a atividade in vitro das enzimas (a) AChE e (b) BChE.....	71
Figura 23. Avaliação ex vivo da atividade das enzimas (a) AChE e (b) BChE no tecido de DM alimentadas de cervejas de baixo teor alcoólico BTAcontrole, com adição de óleo de açafrão (1) e com adição de óleo de buriti (2).....	72
Figura 24. Análise da sobrevivência das moscas DM suplementadas de cervejas de baixo teor alcoólico BTAcontrole, com adição de óleo de açafrão (1) e com adição de óleo de buriti (2).....	74
Figura 25. Amostras, em diferentes ângulos, de cerveja de baixo teor alcoólico, sendo, da esquerda para direita: BTAcontrole (sem adição do bioativo) e 3, 6, 10, 30, e 90 g/L de óleo de Buriti.....	107
Figura 26. Amostras, em diferentes ângulos, de cerveja de baixo teor alcoólico, sendo, da esquerda para direita: BTAcontrole (sem adição do bioativo) e 3, 6, 10, 30, e 90 g/L de óleo de cúrcuma.	109
Figura 27. Gráfico de frequência da doçura ideal.....	111
Figura 28. Gráfico de frequência do sabor de malte ideal.	112
Figura 29. Gráfico de frequência da intenção de compra.....	112
Figura 30. Ficha de caracterização do consumidor.....	113
Figura 31. Ficha de avaliação sensorial.	114
Figura 32. TCLE para análise sensorial.	115
Figura 32. TCLE para análise sensorial.	116
Figura 34. Curva padrão do ácido gálico para análises de compostos fenólicos totais.....	117
Figura 35. Ramnose padrão (1,0 mg/mL).....	118
Figura 36. Xilose padrão (1,0 mg/mL).	118
Figura 37. Frutose padrão (1,0 mg/mL).....	119
Figura 38. Glicose padrão (1,0 mg/mL).....	119
Figura 39. Sacarose padrão (1,0 mg/mL).....	120
Figura 40. Maltose padrão (1,0 mg/mL).	120
Figura 41. MIX de açúcares (raminose, xilose, frutose, glicose, sacarose e maltose).....	121

Figura 42. Raminose, frutose, glicose, sacarose, maltose na amostra de cerveja controle. Tempo de retenção foi de 6,160;8,265; 8,963;11,920; 13,587, respectivamente.	122
Figura 43. Raminose, frutose, glicose, sacarose, maltose na amostra de cerveja 70/15. Tempo de retenção foi de 6,157;8,153; 8,832; 11,678; 13,220, respectivamente.	123
Figura 44. Raminose, frutose, glicose, sacarose, maltose na amostra de cerveja 70/30. Tempo de retenção foi de 6,197;8,138; 8,853; 11,683; 13,240, respectivamente.	123
Figura 45. Raminose, frutose, glicose, sacarose, maltose na amostra de cerveja 70/45. Tempo de retenção foi de 6,220;8,197; 8,870; 11,722; 13,315, respectivamente.	124
Figura 46. Raminose, frutose, glicose, sacarose, maltose na amostra de cerveja 74/15. Tempo de retenção foi de 6,127;8,168; 8,848; 11,672; 13,217, respectivamente.	124
Figura 47. Raminose, frutose, glicose, sacarose, maltose na amostra de cerveja 78/15. Tempo de retenção foi de 6,155;8,142; 8,812; 11,605; 13,055, respectivamente.	125
Figura 48. Curva padrão da Quercetina.	126
Figura 49. Curva padrão da Astragalina.	126
Figura 50. Curva padrão da Isoquercetina.	127
Figura 51. Curva padrão da Rutina.	127
Figura 52. Curva padrão do Ácido Ferúlico.	128
Figura 53. Curva padrão do Ácido Cumárico.	128
Figura 54. Curva padrão do Ácido Vinílico.	129
Figura 55. Curva padrão do Ácido Gálico.	129
Figura 56. Curva padrão da Catequina.	130
Figura 57. Laudo emitido pela destilaria Bauru sobre o óleo de Buriti.	131
Figura 58. Laudo emitido pela Baculerê sobre o óleo de Curcuma.	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Etapas do Estudo Experimental	45
Tabela 2. Análises físico-químicas das cervejas lager com diferentes tempos de fermentação	56
Tabela 3. Análises físico-químicas das cervejas lager com diferentes temperaturas e tempos de mosturação.	58
Tabela 4. Teor de açúcares nas cervejas de baixo teor alcoólico (mg/100 mL)	59
Tabela 5. Resultados das análises físico-químicas das cervejas Pale Ale.	62
Tabela 6. Teor de Ácidos Fenólicos (mg/L) *	63
Tabela 7. Poder antioxidante das cervejas de baixo teor alcoólico	69
Tabela 8. Resultados da análise sensorial das amostras controle, açafrão e buriti	76
Tabela 9. Conteúdo de polifenol em mg/L.....	103
Tabela 10. Conteúdo de polifenol total e individual	104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BTA – Cerveja de baixo teor alcoólico
SA – Cerveja Sem álcool
EBC – *European Brewing Convention*
CF – Compostos Fenólicos
FDA – *Food and Drug Administration*
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ChE – Colina
ACh – Acetilcolina
AChE – Acetilcolinesterase
BChE – Butirilcolinesterase
Eros – Espécies reativas ao oxigênio
DM – *Drosophila melanogaster*
XN – *Xanthohumol*
IXN – *Isoxanthohumol*
RSA – Eliminação de radicais
FRAP – Poder antioxidante redutor de ferro
1F – Um dia de fermentação
2F – Dois dias de fermentação
7F – Sete dias de fermentação
70/15 – 70°C de temperatura e 15 minutos de tempo de mosturação
70/30 – 70°C de temperatura e 30 minutos de tempo de mosturação
70/45 – 70°C de temperatura e 45 minutos de tempo de mosturação
74/15 – 74°C de temperatura e 15 minutos de tempo de mosturação
78/15 – 78°C de temperatura e 15 minutos de tempo de mosturação
3B – 3g/L de buriti na cerveja de baixo teor alcoólico
6B – 6g/L de buriti na cerveja de baixo teor alcoólico
10B – 10g/L de buriti na cerveja de baixo teor alcoólico
30B – 30g/L de buriti na cerveja de baixo teor alcoólico
90B – 90g/l de buriti na cerveja de baixo teor alcoólico
3A – 3g/L de açafraão-da-terra na cerveja de baixo teor alcoólico
6A – 6g/L de açafraão-da-terra na cerveja de baixo teor alcoólico
10A – 10g/L de açafraão-da-terra na cerveja de baixo teor alcoólico

30A – 30g/L de açafração-da-terra na cerveja de baixo teor alcoólico

90A – 90g/L de açafração-da-terra na cerveja de baixo teor alcoólico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS	22
2.1	Objetivo geral	22
2.2	Objetivos específicos	22
3	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	23
3.1	Álcool e cerveja.....	25
3.2	Cerveja sem álcool ou com baixo teor alcoólico.....	25
3.3	Cervejas e Compostos Fenólicos.....	29
3.4	Matérias-Primas da Cerveja e Saúde.....	32
3.5	Enriquecimento de fenólicos, voláteis e bioativos nas cervejas ..	37
3.5.1	Buriti.....	38
3.5.2	Açafrão-da-terra.....	40
3.6	Neurodegeneração e Estresse Oxidativo.....	42
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	45
4.1	Material.....	45
4.2	Métodos	45
4.2.1	Fabricação da Cerveja: Etapas do Estudo Experimental	45
4.2.2	Produção das Cervejas.....	46
4.2.3	Análises Físico-Químicas.....	48
4.2.3.1	Potencial Iônico de Hidrogênio (pH)	48
4.2.3.2	Conteúdo Alcoólico	48
4.2.3.3	Cor.....	48
4.2.3.4	Compostos Fenólicos Totais	49
4.2.3.5	Acidez Titulável	49
4.2.3.6	Turbidez	49
4.2.4	Análises em HPLC.....	49
4.2.4.1	Análise dos Açúcares	49
4.2.4.2	Análise de Compostos Fenólicos	49
4.2.5	Análises do Potencial Antioxidante	50
4.2.5.1	DPPH	50
4.2.5.2	FRAP.....	51
4.2.5.3	Tiol total.....	51
4.2.5.4	Atividade de sequestro do Radical Hidroxila (HO•).	51
4.2.5.5	Atividade de remoção de H ₂ O ₂	52
4.2.6	Análises Biológicas: In vitro e Ex vivo	52
4.2.6.1	Obtenção do Tecido Biológico.....	53
4.2.6.2	Atividades das enzimas AChE e BChE	53
4.2.7	Análises Biológicas: In vivo.....	53
4.2.7.1	Taxa de sobrevivência/mortalidade.....	53
4.2.8	Análise sensorial.....	54

4.2.9	Análise Estatística.....	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1	<i>Cerveja Lager</i>	55
5.1.1	Análises Físico-Químicas.....	55
5.2	<i>Cervejas Pale Ale</i>	60
5.2.1	Análises físico-químicas.....	61
5.3	Atividade Antioxidante	65
5.4	Análise de Neurodegeneração	70
5.4.1	Toxicidade.....	74
5.5	Análise Sensorial	75
6	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS.....	80
	APÊNDICE A	103
	Apêndice – A.1. Concentrações fenólicas em mg/L	103
	Apêndice – A.2. Concentração fenólica total/individual.....	104
	APÊNDICE – B	107
	Apêndice – B.1. Cervejas de baixo teor alcoólico de Buriti	107
	APÊNDICE – C	109
	Apêndice – C.1. Cervejas de baixo teor alcoólico de Cúrcuma	109
	APÊNDICE – D	111
	Apêndice – D.1. Resultados das análises sensoriais para doçura ideal, sabor de malte ideal e intenção de compra.....	111
	APÊNDICE – E	113
	Apêndice – E.1. Fichas utilizadas na análise sensorial	113
	APÊNDICE – F.....	116
	Apêndice – F.1. Curva padrão para a análise FRAP	116
	APÊNDICE - G.....	117
	Apêndice – G.1. Curva padrão para análise de compostos fenólicos totais	117
	APÊNDICE – H	118
	Apêndice – H.1. Cromatogramas das análises de HPLC dos padrões. 118	
	Apêndice – I.2. Cromatogramas das análises de HPLC das amostras 122	
	APÊNDICE – I.....	126
	Apêndice – I.1. Curvas padrões para análise de HPLC dos compostos fenólicos	126

ANEXO – A	131
Anexo – A.1. Laudo óleo de buriti da destilaria Bauru	131
ANEXO – B	132
Anexo – B.1. Laudo óleo de curcuma da Baculerê	132

1 INTRODUÇÃO

A demanda da produção de cervejas atualmente está em ampliação, assim como a diversificação em produtos alternativos. Como exemplo, tem-se a busca por cervejas de baixo teor alcoólico (BTA), que é motivada tanto pelo aumento no consumo global, pelo fornecimento de produtos atrativos para diferentes nichos de consumidores, ou sob condições irreconciliáveis em relação ao consumo de álcool. Por fim, um dos objetivos é alcançar os mercados de bebidas em países onde o consumo de álcool é proibido por diferentes motivos (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer productionBRÁNYIK *et al.*, 2012b; KLATSKY, 2007; Trends in Food Science & Technology Beverage dealcoholization processes: Past, present, and futureMANGINDAAN *et al.*, 2018; Beverage dealcoholization processes: Past, present, and future2018).

Para níveis reduzidos de álcool, as cervejas podem ser denominadas como BTA. O baixo teor de álcool pode ser obtido através de várias estratégias que são categorizadas como processos biológicos ou físicos (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer productionBRÁNYIK *et al.*, 2012b; Trends in Food Science & Technology Beverage dealcoholization processes: Past, present, and futureMANGINDAAN *et al.*, 2018). Os processos biológicos baseiam-se na limitação da formação de álcool, enquanto os métodos físicos envolvem a remoção de etanol produzido durante um processo tradicional. Os processos biológicos referem-se à fermentação interrompida ou limitada, ao uso de espécies de leveduras não convencionais e ao emprego de fermentação contínua (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer productionBRÁNYIK *et al.*, 2012b; DE FRANCESCO *et al.*, 2015).

Para contribuir com o sabor, são desenvolvidas cervejas com alguns tipos de adjuntos que dão características particulares a essas bebidas, como um maior conteúdo de fenólicos, compostos que podem ter efeitos funcionais. A adição desses adjuntos visa agregar características, e não para baratear os custos, como fazem as grandes empresas (BORTOLI *et al.*, 2018; A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer productionBRÁNYIK *et al.*, 2012b; GOVINDARAJAN; CONNELL, 2009). Dentre esses, podem ser utilizadas frutas, como o buriti, e especiarias, como a cúrcuma, que possuem ações benéficas à saúde humana (CÂNDIDO *et al.*, 2015; SILVA DE SÁ *et al.*, 2019).

A palmeira buriti, encontrada nos biomas da Amazônia e do Cerrado, pertence à família *Arecaceae* e ao gênero *Mauritia*. A polpa do fruto do buriti contém grandes quantidades de carotenoides, cerca de 52,86 mg.100g⁻¹ (CÂNDIDO *et al.*, 2015), principalmente o beta-caroteno, além de polifenóis que tem o potencial de prevenir doenças do estresse oxidativo (CÂNDIDO *et al.*, 2015; KOOLEN *et al.*, 2013). O consumo frequente de frutas está associado a um menor risco de desenvolver doenças, como o câncer (CROWE *et al.*, 2011).

A bioatividade da cúrcuma (também conhecida como açafrão-da-terra ou açafrão) é atribuída aos compostos presentes em sua composição, caracterizados como compostos fenólicos de coloração amarela-alaranjada, como a curcumina (AMALRAJ *et al.*, 2017). Atualmente, os órgãos regulamentadores mais importantes já descrevem a utilização desses compostos, como a FDA e a ANVISA, considerando que a curcumina não oferece risco a saúde (em inglês, GRAS). A curcumina apresenta propriedade antioxidante, anti-inflamatória, anticarcinogênica, antidepressiva, antiviral, neuroprotetora e atividade analgésica (AGARWAL *et al.*, 2010; CHANDRAN; GOEL, 2012; JECFA, 2006; Recent Developments in Delivery, Bioavailability, Absorption and Metabolism of Curcumin: the Golden Pigment from Golden Spice PRASAD *et al.*, 2014; SHARMA *et al.*, 2010; SILVA DE SÁ *et al.*, 2019; VON RHEIN *et al.*, 2016; XIA *et al.*, 2006).

Algumas atividades neuroprotetoras podem estar envolvidas com a hidrólise do neurotransmissor acetilcolina (ACh) em colina e acetato, antes que as informações dos estímulos elétricos sejam transmitidas pelos neurônios na fenda sináptica (BERG, JEREMY M.; TYMOCZKO, J.L.; STRYER, 2008; SILVA DE SÁ *et al.*, 2019), que é causada pelas enzimas acetilcolinesterase (AChE) e enzima butirilcolinesterase (BChE). As atividades antioxidantes são determinadas pela detoxificação de toxinas químicas presentes no organismo, como as espécies reativas de oxigênio (EROs), que estão envolvidas em diversas doenças humanas (BERG, JEREMY M.; TYMOCZKO, J.L.; STRYER, 2008; ZHANG *et al.*, 2014). Logo, a melhoria no estado antioxidante e a inibição das enzimas colinesterases (ChE) são sugeridas para prevenção do envelhecimento e da demência. E, para avaliar a atividade desses bioativos, recomendam-se modelos biológicos alternativos, como moscas *Drosophila melanogaster* (DM) (O'KANE, 2011; PRÜSSING *et al.*, 2013).

Logo, a busca por produtos naturais que possuam atividades biológicas benéficas à saúde humana tem crescido ultimamente. Entre as razões para isso, estão o alto custo dos medicamentos e sua ampla gama de efeitos colaterais. Além disso, o álcool tem demonstrado certas toxicidades ao organismo, como a metabolização do etanol em acetaldeído, principalmente no estômago e no fígado (BARBA *et al.*, 2017; FERNANDES *et al.*, 2016; JIANG *et al.*, 2017; RIACHI; DE MARIA, 2017; RUDKOWSKA, 2009; SEKHON, 2010).

A fim de apresentar uma alternativa aos consumidores que evitam ou querem diminuir o consumo de álcool e além disso reivindicar uma vida mais saudável, o presente projeto propõe a produção de cerveja com baixo teor alcoólico com óleos de açafrão e de buriti com características funcionais para um consumo moderado e saudável de uma das bebidas mais consumidas no mundo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse estudo foi avaliar as características físico-químicas, biológicas e sensoriais da adição dos óleos de buriti e açafrão, em cervejas artesanais de baixo teor alcoólico.

2.2 Objetivos específicos

- Utilizar diferentes estratégias para a produção de cerveja de baixo teor alcoólico;
- Produzir cervejas de baixo teor alcoólico com os óleos de buriti e açafrão.
- Caracterizar as cervejas de baixo teor alcoólico com análises físico-químicas;
- Analisar os efeitos biológicos *in vitro*, *in vivo* e *ex vivo*, das cervejas produzidas, em moscas *Drosophila melanogaster*;
- Avaliar as características sensoriais das cervejas produzidas com os óleos.

3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

A cerveja é consumida e produzida há muitos anos, sendo, basicamente, uma bebida obtida da fermentação de cereais, sendo que o principal é a cevada. Atualmente, o movimento das cervejas artesanais, sustentado pelas micro cervejarias, objetiva a produção de bebidas variadas e com qualidade, utilizando-se de diferentes ingredientes e metodologias, criando produtos com diversos tipos de aromas e sabores (SCHUINA *et al.*, 2021). Dentre os variados tipos de cervejas nos supermercados, tem-se as BTA, que, nas grandes cervejarias, são facilmente produzidas, pois necessita-se de alta tecnologia, que, infelizmente, encarece o produto final. Essas tecnologias são de difícil acesso às empresas menores devido ao alto custo de equipamento e à necessidade de grandes espaços, fatos incondizentes com a realidade de micro cervejarias como pode ser visto na figura 1.

Por fim, torna-se importante um estudo voltado para a produção de cerveja de baixo teor alcoólico para essas micro empresas, ou seja, utilizando equipamentos tradicionais com baixo custo operacional, pois esse produto tem grande valor agregado quando voltado para praticantes de esportes, por ter alto teor de nutrientes.

Figura 1. Área de produção de uma microcervejaria



Fonte: HAMPSON et al. (2013)

Quando se analisa os nutrientes, sabe-se que a cerveja é uma mistura complexa de cerca de 4.000 compostos químicos. 350mL de cerveja contém cerca de 8g de carboidratos, o que representa 2,4% da ingestão diária de uma dieta de 2.000 kcal. Também contém vários macronutrientes, como proteínas e minerais, como cálcio, magnésio, ferro, cobre e zinco, bem como vitaminas B6, B12, biotina, folato e compostos fenólicos que tem características bioativas, dentre elas a antioxidante. No estudo com seis genótipos de maltes diferentes foram detectados até 246 compostos na forma de ésteres, aldeídos e álcoois (BETTENHAUSEN *et al.*, 2018; MARTINEZ-GOMEZ *et al.*, 2020; OSORIO-PAZ *et al.*, 2020). Inclusive extratos aquosos dos grãos usados da cervejaria podem ser considerados uma fonte promissora de compostos fenólicos (PETRÓN *et al.*, 2021).

As cervejas apresentam propriedades antioxidantes e variam com o teor do extrato e a cor da cerveja (POLAK *et al.*, 2013). Os compostos antioxidantes presentes na cerveja não são apenas compostos fenólicos, mas também melanoidinas (formadas especialmente durante a fabricação da cerveja). Alguns estudos demonstraram que as melanoidinas também possuem propriedades antialérgicas, antimicrobianas, anti-hipertensivas e probióticas (MARTINEZ-GOMEZ *et al.*, 2020; PILARSKI; GEROGIORGIS, 2020).

As desvantagens da cerveja para a saúde são atribuídas principalmente à ingestão excessiva de álcool e, em menor medida, à ingestão de alguns agentes tóxicos e alergênicos e, por fim, o consumo de álcool aumenta a ingestão de calorias, cerca de 7 Kcal/g, sendo que a cerveja contém uma alta carga de carboidratos e sabe-se que a cerveja pode aumentar a ingestão de alimentos (BAMFORTH, 2009; SOHRABVANDI *et al.*, 2012; Alcohol, appetite and energy balance: Is alcohol intake a risk factor for obesity? YEOMANS, 2010; Short term effects of alcohol on appetite in humans. Effects of context and restrained eating 2010). Porém, tem que avaliar a sinergia da cerveja envolvendo diferenças pessoais no acúmulo de gordura corporal, além de fatos como tabagismo, atividade física, dieta alimentar e consumo de outras bebidas alcoólicas (BENDSEN *et al.*, 2013; OSORIO-PAZ *et al.*, 2020).

3.1 Álcool e cerveja

Após o consumo, o etanol é absorvido pelo trato gastrointestinal por difusão e é rapidamente distribuído no sangue. O álcool é metabolizado em acetaldeído, principalmente no estômago e no fígado, composto altamente tóxico que se liga aos constituintes celulares (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production BRÁNYIK *et al.*, 2012b; BROOKS; ZAKHARI, 2014; RAJENDRAM; PREEDY, 2009). O seu consumo foi relacionado a pelo menos oito tipos de câncer: câncer de boca, de faringe, de laringe, de esôfago, de fígado, de mama, de intestino, de pâncreas (BAGNARDI *et al.*, 2013; DE MENEZES *et al.*, 2013; LA VECCHIA; PELUCCHI, 2015).

A cerveja sem álcool é uma bebida adequada para todas as populações. Essa bebida, de acordo com o método de produção, tem os mesmos compostos bioativos que a cerveja normal, exceto o álcool.

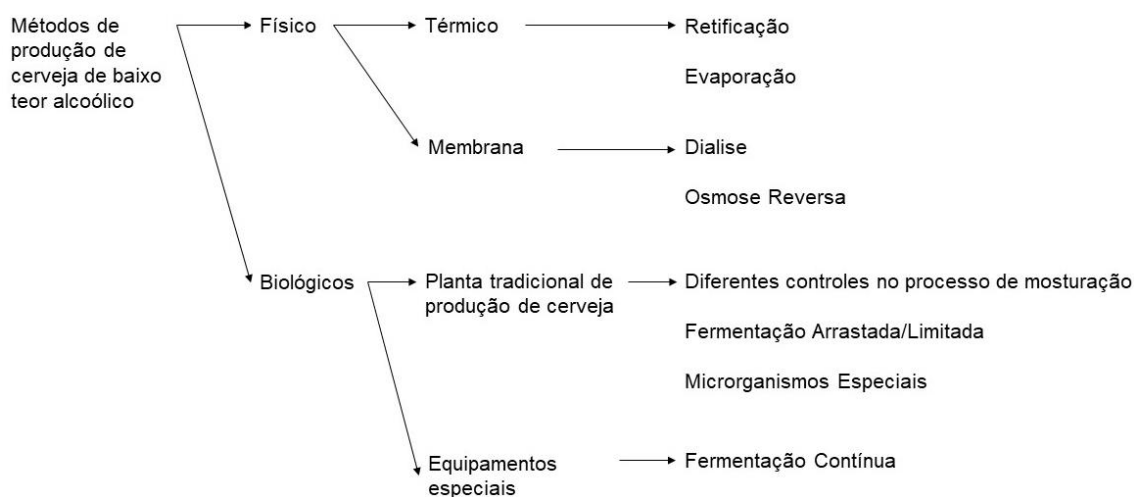
Porém, o método de desalcoholização pode favorecer uma perda significativa de componentes não alcoólicos, com uma diferença de 160 a 400 mg/L de polifenóis totais (BLANCO *et al.*, 2016; DE GAETANO *et al.*, 2016). Assim, o uso de determinadas técnicas que possam trazer benefícios à saúde, pela manutenção de outros componentes que não o álcool, deve ser priorizado (SOHRABVANDI *et al.*, 2012).

3.2 Cerveja sem álcool ou com baixo teor alcoólico

A terminologia de cerveja sem álcool e os limites de álcool correspondentes não são uniformes. As legislações para as cervejas sem álcool podem variar, de acordo com cada país. No Brasil, cerveja sem álcool ou cerveja desalcoholizada é aquela cujo conteúdo alcoólico é inferior ou igual a 0,5% em volume (0,5% v/v), cerveja com teor alcoólico reduzido ou cerveja com baixo teor alcoólico tem conteúdo alcoólico superior a 0,5% em volume (0,5% v/v) e inferior ou igual a 2,0% em volume (2,0% v/v). Por fim, "cerveja" apresenta conteúdo alcoólico superior a 2,0% em volume (2,0% v/v) (BRASIL, 2019). Enquanto que, nos Estados Unidos, a FDA recomenda que se o termo 'não alcoólico' for usado no rótulo, a cerveja contém menos de 0,5% de álcool/volume, e se o teor de álcool for 0,0% álcool/volume, pode ser exibido no rótulo o nome "Sem álcool" (ASSOCIATION, 2022).

Ao produzir cerveja sem álcool, é importante escolher a melhor estratégia de produção para objetivar o sabor final de uma cerveja comercial com álcool, pois o sabor do produto final não é, em determinadas estratégias, tão bom quanto o da cerveja alcoólica (BLANCO *et al.*, 2016; SOHRABVANDI *et al.*, 2010). As estratégias de produção de SA podem ser divididas em dois grupos principais: processos físicos e biológicos, como mostrado na figura 2 (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production BRÁNYIK *et al.*, 2012b).

Figura 2. Esquema de produção de cerveja de baixo teor alcoólico.



Fonte: BRÁNYIK *et al.* (2012), com modificações

Os processos físicos baseiam-se na produção de cerveja SA/BTA por métodos de remoção de etanol, dentre eles, processos térmicos em planta de retificação a vácuo e em evaporadores de película fina, além de processos de membrana como dialise e osmose reversa. Esses métodos requerem investimentos consideráveis em equipamentos especiais. Em alguns casos, a cerveja é aquecida para evaporar o etanol, e os componentes voláteis do aroma são parciais ou totalmente evaporados. Durante os processos baseados em membrana, os componentes são removidos pelo tamanho molecular. Ambos os casos podem levar a cervejas menos aromáticas (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production BRÁNYIK *et al.*, 2012b; MÜLLER *et al.*, 2017).

As cervejas SA/BTA, produzidas pela remoção do álcool, são caracterizadas por uma perda de voláteis (álcoois superiores, ésteres) junto com a remoção do etanol (LEHNERT *et al.*, 2009). Devido ao uso de processos térmicos, as cervejas SA/BTA sofrem danos causados pelo calor e compostos de aroma e sabor, mais voláteis que o etanol, evaporam.

Para superar esse problema, é utilizado o processo de destilação a vácuo que consiste em duas etapas, evaporação à vácuo seguido de condensação a frio. Nesse caso, os compostos de sabor devem ser restaurados após a desalcoholização (SOHRABVANDI *et al.*, 2010). Cerca de 6% de álcoois superiores e 20% de ésteres são devolvidos (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production BRÁNYIK *et al.*, 2012b).

Em relação aos processos de membranas, as BTA têm menos corpo e baixo perfil aromático.

A diálise opera em baixa temperatura e usa a seletividade de uma membrana semipermeável (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production BRÁNYIK *et al.*, 2012b; SOHRABVANDI *et al.*, 2010). No processo de osmose reversa, a cerveja passa por uma membrana semipermeável sob condições de alta pressão (SOHRABVANDI *et al.*, 2010). Nesses casos, outros componentes da cerveja além do etanol, como álcoois superiores e ésteres, são quase todos removidos (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production BRÁNYIK *et al.*, 2012b).

Em relação aos processos biológicos, a produção de cerveja SA/BTA fundamenta-se em métodos de formação restrita de álcool, como a modificação no processo de trituração, o processo de fermentação preso ou limitado, o uso de fermentos especiais e o processo de fermentação contínua. Dentre eles, destaca-se a fermentação por contato a frio como um dos muitos métodos de produção de cerveja com pouco ou nenhum teor de álcool por meio de uma combinação de baixas temperaturas de fermentação e tempos de contato prolongados (EVELLIN *et al.*, 1999; PERPÈTE; COLLIN, 1999; PILARSKI; GEROGIORGIS, 2020). A fermentação limitada de álcool é geralmente realizada em equipamentos de cervejaria tradicional e, portanto, não requer investimento adicional. No entanto, o produto final se caracteriza como sabor doce, devido à interrupção da fermentação, pois os açúcares fermentáveis não são / são parcialmente metabolizados pela levedura (ANDRÉS-IGLESIAS *et al.*, 2014; A

review of methods of low alcohol and alcohol-free beer productionBRÁNYIK *et al.*, 2012b; PERPÈTE, P, 2000; PERPÈTE, Philippe, 2000).

O sabor da cerveja é um fator significativo na aceitação do consumidor (HORÁK *et al.*, 2010). Logo, o objetivo da produção da cerveja SA/BTA é a obtenção de um produto similar, em termos de sabor, da cerveja comercial tradicional (BLANCO *et al.*, 2016). Os defeitos de sabor nas SA/BTA são, também, devidos a um efeito indesejável derivado das principais formas de eliminação ou redução do etanol na cerveja. Além disso, não é fácil atingir níveis baixos de álcool com a formação adequada de compostos ativos de sabor (PUERARI *et al.*, 2016). Assim, a cerveja na qual a produção de álcool foi evitada ou reduzida em um estágio inicial de fermentação tem um sabor desarmônico e imaturo, caracterizado por sabores estranhos do mosto e uma falta do agradável aroma frutado encontrado em cervejas alcoólicas (PERPÈTE; COLLIN, 1999; SOHRABVANDI *et al.*, 2010), devido à redução insuficiente de aldeído do mosto e falta de álcoois e ésteres (LEHNERT *et al.*, 2009). A atividade de fermentação pode ser evitada rapidamente pelo resfriamento rápido a 0°C, pasteurização e/ou pela remoção da levedura do mosto em fermentação (BLANCO *et al.*, 2016; A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer productionBRÁNYIK *et al.*, 2012b).

Outra estratégia é a utilização de Leveduras não *Saccharomyces* ou que formam menos álcool, que podem ser utilizadas na produção de cerveja sem álcool. A sua incapacidade de fermentar maltose e maltotriose define um limite de fermentação natural, sendo assim, não é necessário interromper a fermentação por resfriamento ou separação do fermento. O desafio é descobrir leveduras que são capazes de produzir um produto final com sabores agradáveis ou similares às cervejas alcoólicas (BELLUT *et al.*, 2018, 2019; BELLUT; ARENDT, 2019). Uma alternativa que foi desenvolvida para a baixa produção de etanol envolve o uso de leveduras especiais ou imobilizadas (CATARINO; MENDES, 2011). Mas, o problema permanece na produção de cervejas SA/BTA em termos de características sensoriais, por isso, faz-se necessário mais estudos acerca desse assunto (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer productionBRÁNYIK *et al.*, 2012b; MONTANARI *et al.*, 2009; PERPÈTE; COLLIN, 1999; SOHRABVANDI *et al.*, 2010). Narizes e línguas eletrônicas têm feito um grande progresso em seu desenvolvimento, e a previsão

de amargor e teor alcoólico na cerveja usando uma língua eletrônica foi recentemente estudada (ARRIETA *et al.*, 2010).

A cor da cerveja também é afetada em cervejas sem álcool. Pode ser influenciada tanto na escolha do malte, para melhorar a qualidade sensorial, quanto no processo térmico que tende a intensificar a cor. Além disso, o amargor e a estabilidade da espuma são geralmente prejudicados (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production BRÁNYIK *et al.*, 2012b) e a cerveja pode estar mais propensa à contaminação microbiana devido ao baixo teor de etanol e também à presença de açúcares fermentáveis restantes do processo de fermentação interrompida (BLANCO *et al.*, 2016). Porém, as propriedades sensoriais das cervejas SA/BTA podem ser melhoradas, desde modificando os ingredientes utilizados como a utilização de outras leveduras e/ou de adicionando compostos fenólicos exógenos como frutos, plantas entre outros (BELLUT *et al.*, 2019; DE FRANCESCO *et al.*, 2015; HEYMANN *et al.*, 2010; NARDINI; FODDAI, 2020; PUERARI *et al.*, 2016; SENKARCINOVA *et al.*, 2019; STREJC *et al.*, 2013).

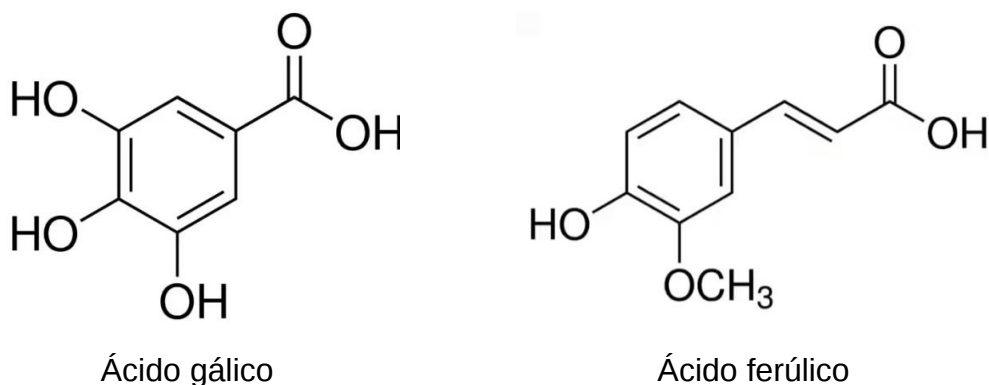
Por fim, tecnologias estão sendo desenvolvidas para diminuir o dano térmico e a perda de voláteis. Os aromas a serem adicionados na cerveja, comerciais ou recuperados da cerveja processada, podem promover às cervejas desalcoholizadas uma nova carga aromática (BLANCO *et al.*, 2016; A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production BRÁNYIK *et al.*, 2012b; CATARINO; MENDES, 2011; LIPNIZKI *et al.*, 2002). Porém, essa estratégia encarece muito o produto final e se evitado, o tratamento térmico, é possível de manter o mesmo conteúdo de compostos fenólicos e aromáticos da cerveja.

3.3 Cervejas e Compostos Fenólicos

A cerveja contém mais de 50 compostos fenólicos (semivoláteis e não voláteis), incluindo ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, cumarinas, lignanas, taninos, chalconas, flavonóis, flavanóis, flavonas, flavonoides, flavanonas, antocianidinas e isoflavonóides, variando sua concentração de acordo com o estilo de cerveja (Anexo – A.1 – tabela 9 e A.2 – tabela 10). As pesquisas mais recentes confirmam que os ácidos ferúlico, gálico e p-cumárico são os compostos fenólicos mais comuns na cerveja (CORTACERO-RAMÍREZ *et al.*, 2003; MARTINEZ-GOMEZ *et al.*, 2020). O perfil fenólico das cervejas

brasileiras foi distinto do das cervejas europeias, com alto teor de ácido gálico (0,5–14,7 mg/L) e baixo teor de ácido ferúlico (0,2–1,8 mg/L) (figura 3). Dez compostos fenólicos foram encontrados nas amostras de cervejas: ácidos 3,4-dihidroxibenzoico, 3,4-dihidroxifenilacético, 4-hidroxifenilacético, 5-cafeoilquínico, benzóico, p-cumárico, ferúlico, gálico, síngico e vanílico (MOURA-NUNES *et al.*, 2016; PIAZZON *et al.*, 2010; QUIFER-RADA *et al.*, 2015; ZHAO *et al.*, 2010). O grupo de cervejas *Ale* apresentou melhor atividade antioxidante e valores de teor total de fenóis do que o grupo *Lager* (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2017).

Figura 3. Estrutura química dos compostos fenólicos.



Fonte: SIGMA ALDRICH (2023a, 2023b)

Outros estudos indicaram que os compostos de fermentação como ésteres, álcoois e ácidos graxos estiveram presentes em maiores quantidades nas cervejas alcoólicas. As cervejas BTA foram caracterizadas por compostos derivados do malte e do processo de torra, incluindo pirazinas e furanos, e compostos voláteis como linalol, β -humuleno e α -terpineol derivados do óleo essencial do lúpulo. Benzaldeído, acetilpirrol, furfural e 2-furanmetanol foram característicos das SA (RIU-AUMATELL *et al.*, 2014). E os ésteres de etila e acetato, como acetato de isoamila, hexanoato de etila e octanoato de etila, estão

presentes em maiores quantidades nas cervejas alcoólicas (VERA *et al.*, 2011). Os compostos ácidos foram encontrados em maiores quantidades nas cervejas alcoólicas do que nas de BTA (PINHO *et al.*, 2006; TORRENS *et al.*, 2010). Essas diferenças são provavelmente devido ao método de desalcoholização mencionado acima para compostos fermentativos. Então, o teor de ésteres, álcoois e ácidos graxos foi maior nas cervejas alcoólicas, enquanto os compostos derivados da reação de Maillard durante a torra do malte e os terpenos derivados do lúpulo ou de sua biotransformação foram característicos das cervejas de baixo teor alcoólico (RIU-AUMATELL *et al.*, 2014).

Estudos indicam os efeitos na saúde dos compostos fenólicos (CF) não alcoólicos da cerveja (MIKYŠKA *et al.*, 2019; OLIVEIRA NETO *et al.*, 2017). Por exemplo, os CF, presentes na cerveja, exibem atividade antioxidante (AAOX) mais forte do que as vitaminas (VINSON *et al.*, 2003), subjacente às suas propriedades anti-inflamatórias (OSORIO-PAZ *et al.*, 2020), e reduzem significativamente o risco de doença cardiovascular (OAK *et al.*, 2018; QUIÑONES *et al.*, 2013), além de atividades biológicas (GRAF *et al.*, 2005) como prevenir o desenvolvimento de câncer, osteoporose, diabetes e doenças neurodegenerativas (CHEN *et al.*, 2010; DE GAETANO *et al.*, 2016).

Os CF presentes na cerveja advêm de todas as matérias-primas e incluem flavonoides e não flavonoides (OSORIO-PAZ *et al.*, 2020; VENTURELLI *et al.*, 2016). Sendo assim, existem diferenças nas concentrações relativas de fenóis em estilos de cervejas diferentes devido a diversidade de matérias-primas, nas tecnologias de fermentação e na gravidade específica do mosto (MOURA-NUNES *et al.*, 2016; ŠIBALIĆ *et al.*, 2021; ZHAO *et al.*, 2010). Quanto ao processo de produção, tanto na mosturação como na fervura ocorre a incorporação de compostos fenólicos e melanoidinas, que pode ser preservada com o rápido resfriamento. A adição de ingredientes naturais exógenos ricos em compostos fenólicos ou micronutrientes é uma alternativa para o aumento de compostos antioxidante da cerveja (YANG; GAO, 2021).

Como já mencionado, a maioria dos efeitos positivos da cerveja são transmitidos pelas suas matérias-primas. Os compostos não alcoólicos são provenientes principalmente do malte e do lúpulo e podem variar de acordo com o processo de fabricação da cerveja (STEENACKERS *et al.*, 2015). Entre os CF da cerveja estão as chalconas, os flavonóides, os ácidos fenólicos e os ácidos

amargos (OSORIO-PAZ *et al.*, 2020). O processo de fermentação e o teor de lúpulo da cerveja determinam a concentração bioativa, bem como o seu potencial de prevenção do câncer (MACHADO *et al.*, 2017). Assim, os ácidos amargos aparecem como potenciais nutracêuticos para a prevenção ou tratamento da doença hepática crônica (SAUGSPIER *et al.*, 2012). Por fim, um conhecimento maior sobre as características de cada matéria-prima utilizada na produção da bebida é fundamental para a qualidade, sensorial e bioativa do produto.

3.4 Matérias-Primas da Cerveja e Saúde

Uma substância nutracêutica deve ser capaz de prevenir o dano oxidativo genético, aumentar a expectativa de vida e induzir a morte celular de maneira programada das células tumorais. A cerveja *Lager* liofilizada pode ser um produto com um importante valor nutracêutico, por causa de seus resultados como promotor de longevidade, proteção do DNA contra radicais livres no modelo animal e sua atividade quimiopreventiva (MERINAS-AMO *et al.*, 2016). Enquanto que a cerveja sem álcool é útil como uma bebida funcional com múltiplos alvos na prevenção de alguns eventos neurodegenerativos causados pela intoxicação por alumínio (MERINO *et al.*, 2018).

A cevada é a principal fonte de compostos fenólicos que estão presentes na cerveja: mais de 60% do conteúdo total de polifenóis encontrado na cerveja vem da cevada e, como citados no item anterior, esses compostos apresentam grandes benefícios a saúde. Contudo, há diferenças no conteúdo fenólico entre a cevada e o malte correspondente: amostras de malte (figura 4) foram caracterizadas por ter maior conteúdo fenólico quando comparada com a cevada correlata. Estudos indicam que, durante o processo de maltagem, foram elevados, significativamente, os níveis de flavan-3-ols, catequina e epicatequina. Além disso, o teor de compostos fenólicos totais das variedades de cevada em flocos e sem casca aumentaram após maceração, germinação e secagem em seus maltes correspondentes. Enquanto que a contribuição relativa para a atividade antioxidante dos compostos fenólicos foi maior para os maltes torrados, aumentando com o grau de torrefação e a maltagem permitiu uma melhor liberação e/ou extração de compostos fenólicos. Assim, a seleção dos parâmetros de maltagem, bem como a variedade de cevada, parecem ser fatores importantes quando se considera a qualidade e a estabilidade antioxidante da

cerveja (CARVALHO *et al.*, 2015; DABINA-BICKA *et al.*, 2011; LEITAO *et al.*, 2012; QUIFER-RADA *et al.*, 2015; SAMARAS *et al.*, 2005).

Figura 4. Malte de Cevada com diferentes tratamentos de malteação.



Malte *pale*



Malte *Crystal 40*



Malte *Chocolate*

Fonte: MOSHER; TRANTHAM (2017)

Sendo assim, as influências benéficas, principalmente atividades antioxidantes, na saúde dessa matéria-prima advém, majoritariamente, dos

compostos fenólicos presentes em sua composição, além de outras ações biológicas benéficas que os compostos fenólicos apresentam sobre o organismo, como demonstrado por ALMENDINGER; ROHN; PLEISSNER (2020), que concluíram na inibição, *in vitro*, da tirosinase usando extratos de malte, brotos de malte e resíduos de cerveja. Esses resultados indicam um potencial desses resíduos como fontes biológicas de compostos de relevância cosmética, envolvidos no clareamento de pele, entre outras atividades já citadas nessa revisão.

O lúpulo (figura 5) contribui com grandes quantidades de voláteis que influenciam o aroma da cerveja (HOFF *et al.*, 2013; INUI *et al.*, 2013). O componente responsável por isso é o óleo essencial do lúpulo, que está presente nas glândulas de lupulina da flor feminina do lúpulo, além dos produtos da biotransformação desse componente durante a fermentação (VAN OPSTAELE *et al.*, 2012; VÁZQUEZ-ARAÚJO *et al.*, 2013).

Figura 5. Lúpulo (*Humulus lupulus*).



Fonte: STEVENS; PAGE (2004)

O lúpulo apresenta capacidades antioxidantes (MERINO *et al.*, 2018). Essas ações podem estar envolvidas com os constituintes presentes em sua composição, como o xanthohumol (XN), um dos componentes do óleo essencial do lúpulo, que é produzido pelas inflorescências femininas da planta do lúpulo (*Humulus lupulus*) durante o processo de fermentação: cerca de 20-30% é convertido no flavonoide prenilado isoxanthohumol (IXN) (VENTURELLI *et al.*, 2016). Este composto exibe muitos efeitos bioativos, como antioxidante, anticancerígeno, anti-inflamatório, antimicrobiano e, além disso, pode ser benéfico no tratamento ou atenuação da obesidade, desregulação do metabolismo da glicose e dos lipídios, aterosclerose e doença hepática (COSTA *et al.*, 2017; DORN *et al.*, 2010, 2013; KIRKWOOD *et al.*, 2013; LEGETTE *et al.*, 2013; LIU *et al.*, 2015; MATEO-GALLEGO *et al.*, 2020; MIRANDA *et al.*, 2016; OSORIO-PAZ *et al.*, 2020; SAMUELS *et al.*, 2018; WEISKIRCHEN *et al.*, 2015). Logo, é usado para conservar a cerveja, bem como para conferir aroma e sabor característicos à bebida (LEE *et al.*, 2011; PINTO *et al.*, 2012).

Estudos indicaram a ação do XN na prevenção de trombose sem aumento do risco de sangramento, relacionado à inibição da ativação plaquetária sanguínea e redução da geração de espécies reativas ao oxigênio (XIN *et al.*, 2017). O efeito hepatoprotetor do XN é baseado em suas propriedades antioxidantes, além de ser um inibidor eficiente da peroxidação lipídica e um protetor contra a degradação de enzimas antioxidantes (PINTO *et al.*, 2012). Sendo um agente nutricional e farmacológico eficaz, pode ser usado para melhorar a síndrome metabólica, incluindo obesidade e fígado gorduroso (MIYATA *et al.*, 2015).

O XN modulou a inflamação e a apoptose de cérebros envelhecidos, exercendo um efeito protetor sobre os danos induzidos pelo envelhecimento (RANCÁN *et al.*, 2017). O grupo prenil e a estrutura chalcona do XN foram responsáveis pela atividade inibitória da proteína de transferência de éster de colesterol (HIRATA *et al.*, 2012). O XN reduz a inflamação hepática, esteatose e fibrose em Tupaia infectadas pelo vírus da hepatite C (YANG *et al.*, 2013). E pode atuar também como um agente quimiopreventivo para células hepáticas normais (KRAJKA-KUŹNIAK *et al.*, 2013). O XN possui atividade estrogênica fraca ou nenhuma e exerce efeitos antiestrogênicos (AICHINGER *et al.*, 2018;

GERHAUSER *et al.*, 2002; OSORIO-PAZ *et al.*, 2020). Além disso, destaca-se os efeitos benéficos do IXN no melanoma (KRAJNOVIĆ *et al.*, 2019).

Após a adição do lúpulo na etapa da fervura, o óleo essencial foi caracterizado por níveis mais elevados de derivados de α -humuleno e β -cariofileno oxigenados e uma série de compostos recém-formados. Alguns desses compostos foram previamente detectados em cervejas *Lager* comerciais e, além disso, alguns dos sesquiterpenóides oxigenados aumentados pareceram eluir nas zonas de sabor ativo dessas cervejas (PRAET *et al.*, 2015).

Alguns estudos sugerem que o consumo moderado de álcool está associado à diminuição do risco cardiovascular e da mortalidade, ao mesmo tempo que melhora principalmente o perfil lipídico e reduz alguns biomarcadores inflamatórios plasmáticos relacionados à aterosclerose. Porém, a ingestão moderada de cerveja e SA confere maiores efeitos protetores sobre o sistema cardiovascular do que bebidas destiladas, provavelmente devido ao seu conteúdo polifenólico (BRIEN *et al.*, 2011; CHIVA-BLANCH *et al.*, 2015; RONKSLEY *et al.*, 2011).

O consumo de doses baixas de cerveja protege contra o risco cardiovascular em uma população adulta saudável (COSTANZO *et al.*, 2011; DE GAETANO *et al.*, 2016). Em contrapartida, o consumo excessivo, mesmo em fins de semana, é um problema (BAGNARDI *et al.*, 2008; DE GAETANO *et al.*, 2016; DI CASTELNUOVO *et al.*, 2009). A menos que tenham alto risco de cânceres relacionados ao álcool, não há razão para desencorajar adultos saudáveis de tomar doses baixas da bebida (COSTANZO *et al.*, 2011; DE GAETANO *et al.*, 2016). Porém, não é recomendado que adultos comecem a beber por razões de saúde (DE GAETANO *et al.*, 2016; FERNÁNDEZ-SOLÀ, 2015).

Como visto anteriormente, a composição fenólica depende do processo de fabricação da cerveja, principalmente do tipo da cevada e do lúpulo. Já a levedura revelou ser capaz de absorver CF provenientes do malte de cevada e do lúpulo, ou seja, tem influência na concentração desses compostos (CORTESE *et al.*, 2020). Logo, se utilizadas concentrações menores desses ingredientes para uma menor produção de teor alcoólico, como o realizado em produção de cervejas de baixo teor alcoólico por métodos tradicionais, faz-se importante uma reposição/enriquecimento de compostos fenólicos para manter/melhorar as mesmas características bioativas originais.

3.5 Enriquecimento de fenólicos, voláteis e bioativos nas cervejas

A ação de uma dieta derivada de frutos e plantas sobre a prevenção do estresse oxidativo no corpo humano é, principalmente, devido à abundância de CF bioativos. A adição de determinados alimentos aumentou consideravelmente a atividade antioxidante da cerveja melhorando o perfil fenólico (NARDINI; FODDAI, 2020). A adição de frutas à cerveja é tradicionalmente praticada na Bélgica para produzir *lambic* como, por exemplo, cerca de 150–400 g/L de cereja e de framboesa. O açúcar das frutas desencadeia uma fermentação secundária quando adicionadas na etapa de maturação. Nesse momento, os sabores e os compostos bioativos são extraídos dos frutos, aumentando o teor desses compostos na cerveja (NARDINI; GARAGUSO, 2020). A adição de *goji berries*, no início da fervura do mosto, permite preservar/extrair bioativos e obter melhores características sensoriais, além de uma alta atividade antioxidante e, conseqüentemente, maior concentração fenólica (DUCRUET *et al.*, 2017).

Na forma de ácidos fenólicos, a cerveja pode representar uma ótima fonte alimentar de antioxidantes, podendo variar pelo tipo de cerveja (PIAZZON *et al.*, 2010). Como comentado, a BTA apresenta menores concentrações desses compostos, e a adição de alimentos naturais pode aumentar a atividade antioxidante da cerveja e melhorar qualitativa e quantitativamente o perfil fenólico (NARDINI; FODDAI, 2020). Sabe-se que o consumo ao longo prazo de alimentos ricos em polifenóis está relacionado à prevenção de doenças relacionadas ao estresse oxidativo (DEL RIO *et al.*, 2013; GROSSO *et al.*, 2017; RIENKS *et al.*, 2017).

A adição desses CF, além de melhorar a estabilidade do sabor da cerveja, otimizando o processo de fermentação e protegendo os antioxidantes endógenos, tem atividades antioxidantes diferentes. Por exemplo, a catequina tem maior atividade do que o ácido caféico, o ácido ferúlico, o ácido clorogênico e o ácido p-cumárico, com a contribuição total de 55 e 88,1% na ação antioxidante (KAWA-RYGIELSKA *et al.*, 2019; ZHAO *et al.*, 2013).

O enriquecimento da cerveja com frutas pode conferir novos sabores e também aumentar as concentrações de seus compostos bioativos. O conteúdo final de compostos com propriedades antioxidantes é influenciado tanto pela variedade de frutas quanto pela tecnologia de produção da cerveja (BELSCAK-

CVITANOVIC *et al.*, 2017; CHO *et al.*, 2018; DJORDJEVIC *et al.*, 2016; DUCRUET *et al.*, 2017; GASÍŃSKI *et al.*, 2020; GUGLIELMOTTI *et al.*, 2020; KAWA-RYGIELSKA *et al.*, 2019; MARTÍNEZ *et al.*, 2017; YANG; GAO, 2021; ZAPATA *et al.*, 2019).

Dentre os variados alimentos que contém compostos bioativos, pode-se citar dois, o Buriti (fruto rico em beta-caroteno) e o cúrcuma/açafrão-da-terra/açafrão (especiaria rica em curcumina) que são usualmente usados em culinárias regionais. Contudo, a adição de buriti e açafrão-da-terra na cerveja deve ser analisada pois os CF podem desempenhar um papel negativo na bebida, tanto na estabilidade sensorial quanto no sabor (ARON; SHELLHAMMER, 2010; GUIDO *et al.*, 2007; OLADOKUN *et al.*, 2016; ZAPATA *et al.*, 2019).

3.5.1 *Buriti*

A palmeira buriti, que é encontrada nos biomas da Amazônia e do Cerrado, pertence à família Arecaceae e ao gênero *Mauritia*. A polpa do fruto (figura 6) do buriti contém grandes quantidades de carotenoides, cerca de 52,86 mg.100g⁻¹ (CÂNDIDO *et al.*, 2015), e apresenta grande potencial socioeconômico devido ao seu amplo uso (RESENDE *et al.*, 2019; VIEIRA *et al.*, 2006).

Figura 6. Buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.).



Cacho de buriti

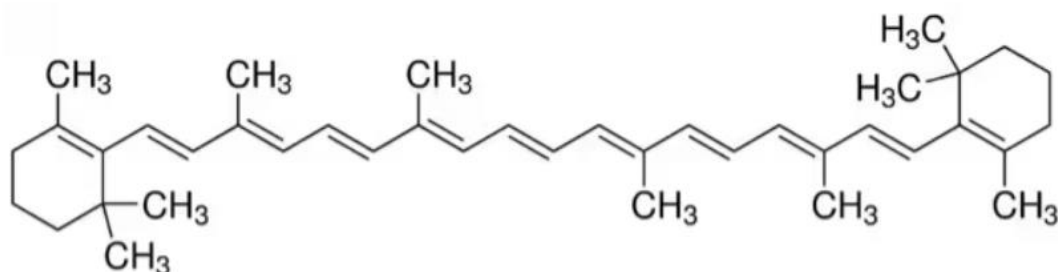


Polpa de buriti liofilizada

Fonte: CÂNDIDO; SILVA; AGOSTINI-COSTA (2015)

Diferentes estudos são encontrados na literatura científica sobre a composição e a atividade do buriti (CÂNDIDO *et al.*, 2015; CORDEIRO *et al.*, 2015; MEDEIROS *et al.*, 2015; MILANEZ *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2013; PEREIRA LIMA *et al.*, 2017). Sabe-se que o fruto do buriti apresenta seis ácidos fenólicos como p-cumárico, ferúlico, caféico, protocatecuico, clorogênico e quínico e sete flavonóides como (+)- catequina, (-) - epicatequina, apigenina, luteolina, miricetina, caempferol e quercetina (BATAGLION *et al.*, 2014). Os tetraterpenóides, também chamados de pró-vitaminas A, estão entre as principais classes de compostos presentes nas polpas de buriti, sendo os carotenos, principalmente o β -caroteno (figura 7), os principais bioativos nas polpas de buriti (CÂNDIDO *et al.*, 2015). Por fim, são responsáveis por alguns dos benefícios biológicos observados na ingestão regular da polpa/óleo de buriti (BATAGLION *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2013).

Figura 7. Estrutura química do β -caroteno.



Fonte: SIGMA ALDRICH (2023c)

Dentre as atividades benéficas do buriti estão a capacidade antioxidante (correlacionada positivamente com o conteúdo fenólico), a redução de danos causados pela radiação ultravioleta, a ação no tratamento de queimaduras e o emprego como vermífugo. Por fim, a polpa do buriti, devido aos altos teores de beta-caroteno, tocoferóis e ácido oleico, é resistente à oxidação (BATAGLION *et al.*, 2015; CÂNDIDO *et al.*, 2015; KOOLEN *et al.*, 2011, 2013; MILANEZ *et al.*, 2018; NOBRE *et al.*, 2018; TAUCHEN *et al.*, 2016; VÁSQUEZ-OCMÍN *et al.*, 2010; ZANATTA *et al.*, 2010).

As polpas de buriti apresentam, geralmente, um sabor doce e diferenças na acidez (VÁSQUEZ-OCMÍN *et al.*, 2009). Sendo assim, é utilizado comercialmente para a produção de subprodutos não alimentares, fabricação de bebidas e como fonte alimentar direta de vitaminas e minerais (KOOLEN *et al.*, 2018; MILANEZ *et al.*, 2016).

3.5.2 Açafrão-da-terra

A variedade de cervejas artesanais está em ampliação com o uso de diferentes tipos de malte, lúpulo, adjuntos e microrganismos, regionais ou não, oferecendo uma gama de oportunidades para diversificar sabores às BTA / SA (SCHUINA *et al.*, 2021), como o uso do açafrão-da-terra, compostos rico em curcumina.

A Cúrcuma (*Curcuma longa* Linn – figura 8), compostos amplamente utilizado como corante e aromatizante em curry e mostardas, é um membro da família *Zingiberaceae* e é originária da Índia, Sudeste Asiático e Indonésia, onde também é utilizado na medicina tradicional em países como Índia e China. A bioatividade da cúrcuma tem sido atribuída principalmente aos curcuminóides que consistem em curcumina e dois compostos relacionados, desmetoxicurcumina e bisdesmetoxicurcumina (AMALRAJ *et al.*, 2017; DOS SANTOS *et al.*, 2019; PARAMASIVAM *et al.*, 2009; SILVA DE SÁ *et al.*, 2019).

Figura 8. Açafrão-da-Terra (*Curcuma longa* L.).



Raiz de Açafrão-da-Terra

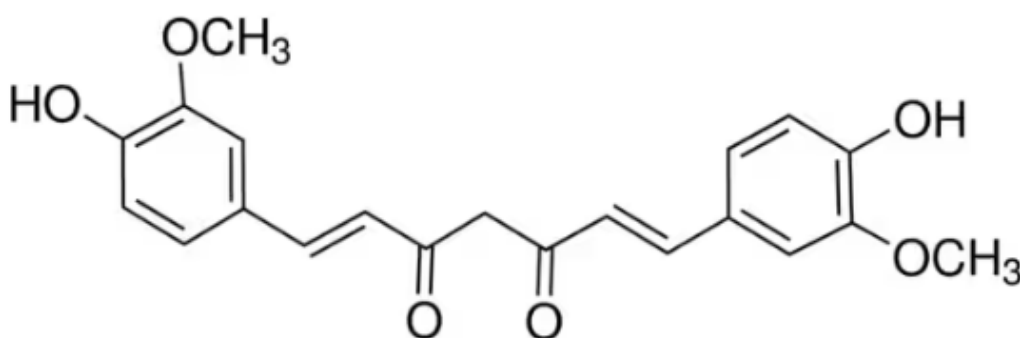


Pó de Açafrão-da-Terra

Fonte: BASNET; SKALKO-BASNET (2011)

Os curcuminóides são compostos fenólicos comumente utilizados como condimento, pigmento e aditivo, e também como agente terapêutico em diversos alimentos, enquanto que a curcumina (figura 9), seu principal constituinte, é um dos nutraceuticos mais amplamente investigados (AMALRAJ *et al.*, 2017; DOS SANTOS *et al.*, 2019; SILVA DE SÁ *et al.*, 2019). A Food and Drug Administration (FDA) e a ANVISA consideram que a curcumina não oferece risco a saúde (em inglês, *food GRAS*), sendo que a ANVISA regulamenta a liberação de seu uso diário via oral em cápsulas de 80 até 160 mg e uso como corante de até 3 mg.kg⁻¹ (JECFA, 2006).

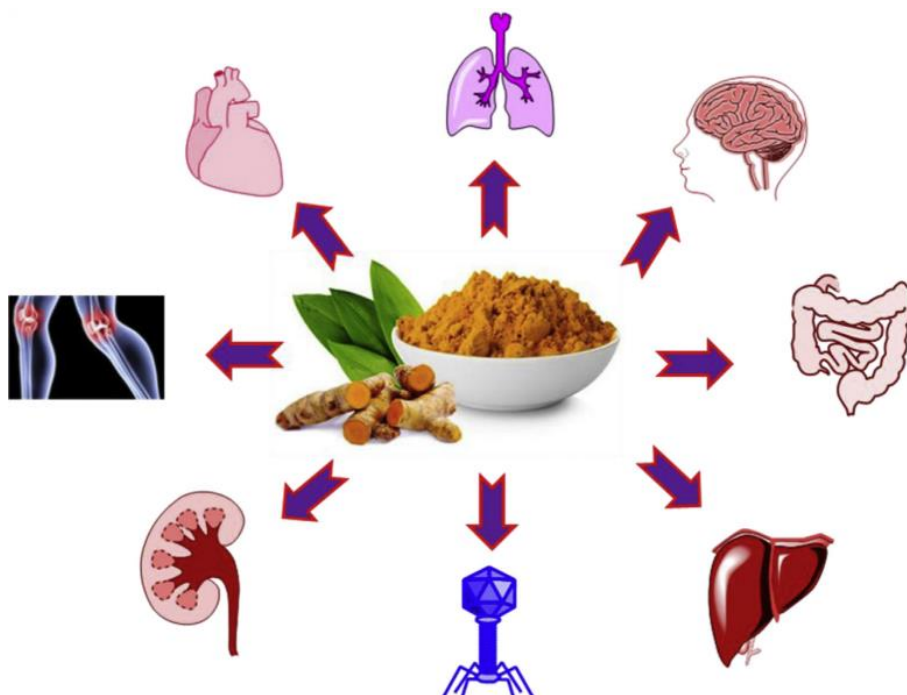
Figura 9. Estrutura química da curcumina.



Fonte: SIGMA ALDRICH (2023d)

A curcumina apresenta propriedades biológicas (figura 10) que são benéficas à saúde como, antioxidante (AGARWAL *et al.*, 2010), anti-inflamatória (CHANDRAN; GOEL, 2012; SARANYA *et al.*, 2018), anticarcinogênica (Recent Developments in Delivery, Bioavailability, Absorption and Metabolism of Curcumin: the Golden Pigment from Golden Spice PRASAD *et al.*, 2014), antidepressiva (XIA *et al.*, 2006), antiviral (VON RHEIN *et al.*, 2016), neuroprotetora (SILVA DE SÁ *et al.*, 2019) e atividade analgésica (SHARMA *et al.*, 2010). Os efeitos desses compostos, geralmente, são analisados em modelos de neurodegeneração e estresse oxidativo análogos ao organismo do ser humano, como a utilização de ratos, peixes e moscas, sendo esse último bastante recomendando por ser um invertebrado.

Figura 10. Várias atividades biológicas com diferentes mecanismos de curcuminóides e seus derivados.



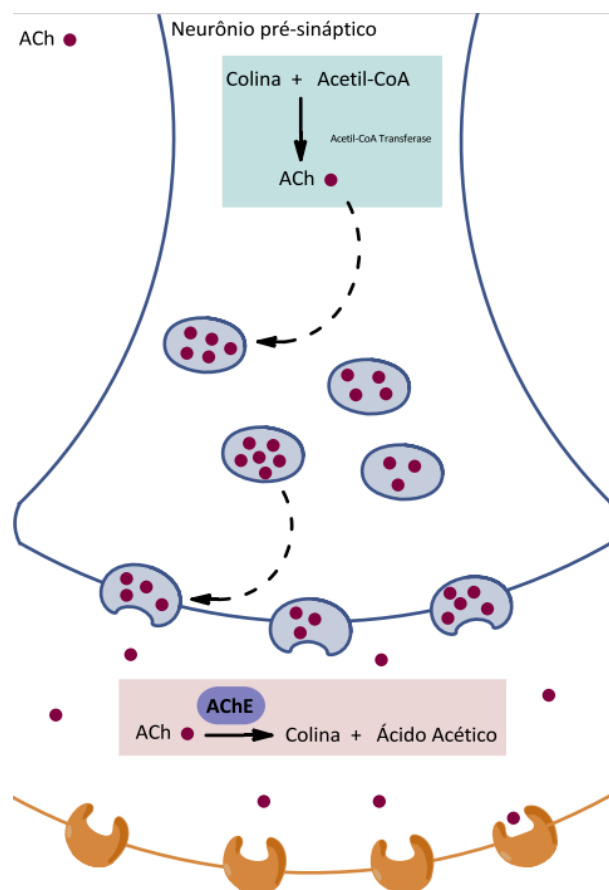
Fonte: AMALRAJ et al. (2017)

3.6 Neurodegeneração e Estresse Oxidativo

Um dos resultados do envelhecimento é o declínio cognitivo, levando à demência e frequentemente relacionado a distúrbios neurodegenerativos, sendo a doença de Alzheimer a principal causa de demência. O tratamento da doença é um desafio por causa de uma compreensão incompleta dos eventos que levam à neurodegeneração (SERAFINI *et al.*, 2017). Uma hipótese envolve a hidrólise

do neurotransmissor ACh em colina e acetato, antes que as informações dos estímulos elétricos sejam transmitidas pelos neurônios na fenda sináptica (BERG, JEREMY M.; TYMOCZKO, J.L.;STRYER, 2008; SILVA DE SÁ *et al.*, 2019), que são causadas pelas enzimas AChE e enzima BChE, como demonstrado na figura 11. As atividades antioxidantes são determinadas pelo próprio composto ou por enzimas, que estão envolvidas na detoxificação de toxinas químicas presentes no organismo, como as EROs, que estão envolvidas em diversas doenças humanas (BERG, JEREMY M.; TYMOCZKO, J.L.;STRYER, 2008; ZHANG *et al.*, 2014). Logo, a melhoria no estado antioxidante e a inibição das enzimas ChE são sugeridas para prevenção do envelhecimento e da demência (AKINYEMI *et al.*, 2018; DOS SANTOS *et al.*, 2019). E, para avaliar a atividade desses bioativos, recomenda-se modelos biológicos alternativos, como DM (O’KANE, 2011; PRÜSSING *et al.*, 2013).

Figura 11. Atividade da AChE na sinapse colinérgica.

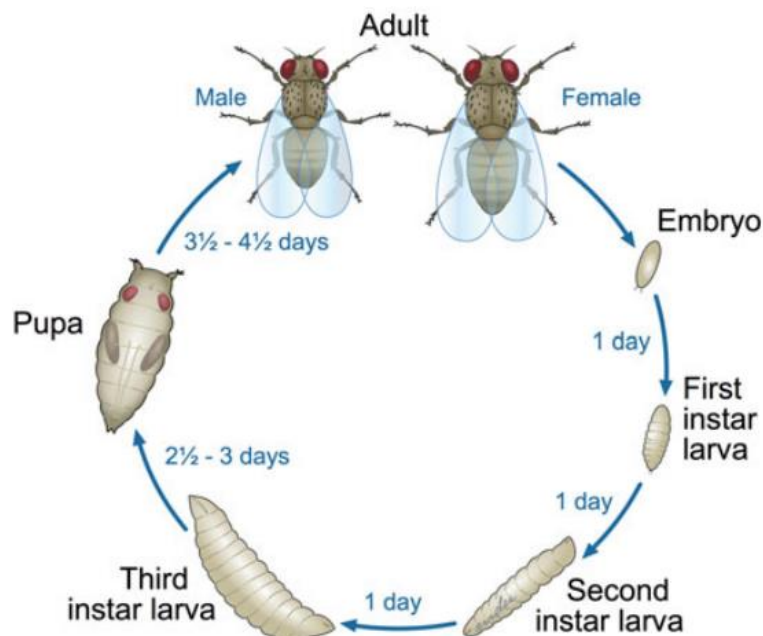


Fonte: M. ARAÚJO; L. A. SANTOS; A. GONSALVES (2016)

Para as análises laboratoriais, *in vitro*, *in vivo* e *ex vivo*, geralmente utilizam-se animais para simular modelos de doenças humanas que podem ser

tratados com bioativos. Animais invertebrados aparecem como alternativas importantes para animais vertebrados (como ratos), podendo, nesse caso, ser utilizada a mosca-da-fruta do tipo DM (O’KANE, 2011; PRÜSSING *et al.*, 2013). Cerca de 75% dos genes da DM podem estar relacionados com doenças humanas, fazendo com que esse invertebrado reproduza modelos de doenças que envolvam mecanismos de estresse oxidativo e neurodegeneração. As moscas apresentam estruturas que desempenham papéis similares aos órgãos humanos, como coração, pulmão e sistema nervoso central. Além disso, seu sistema cerebral pode ter variadas funções como aprendizado, alimentação e memória. De fato, o uso dessas moscas é recomendado para redução do uso de animais vertebrados de laboratório em estudos de toxicidade. Ainda, essas moscas possuem um ciclo de vida (Figura 12) curto, permitindo a realização de pesquisas em curto tempo e em várias gerações com pequeno espaço de tempo (DOS SANTOS *et al.*, 2019; O’KANE, 2011; PRÜSSING *et al.*, 2013; SILVA DE SÁ *et al.*, 2019).

Figura 12. Ciclo de vida das *Drosophila melanogaster*.



Fonte: ONG *et al.* (2015)

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Os óleos de cúrcuma e de buriti foram obtidos por fornecedores nacionais, Agro-Industrial Olímpia Ltda – Baculê Corantes Naturais e DESTILARIA BAURU EIRELI, respectivamente. As cervejas foram produzidas com água, maltes (Pilsen - Agraria, Pale Ale - Agraria, Carahell® - Weyermann, Carapills® - Weyermann, Caraaroma® - Weyermann), lúpulos (LNF - SAAZ) e leveduras (fermentis w34/70 e s04), sendo os três últimos obtidos em distribuidor local de insumos para microcervejeiros. Os reagentes utilizados para cada análise são de grau de pureza analítica.

Para as análises biológicas, foram utilizados reagentes Tris-HCl 0,5 M (pH 7,4), 5,5'-Dithiobis (ácido 2-nitrobenzóico) (DTNB) 10 mM, iodeto de acetiltiocolina e butiriltiocolina 8 mM

4.2 Métodos

4.2.1 *Fabricação da Cerveja: Etapas do Estudo Experimental*

As etapas do estudo experimental estão na tabela 1. Antecipadamente, foi avaliado o melhor momento da produção da cerveja para se adicionar os óleos. Na avaliação, objetivou-se a maior solubilização e concentração de compostos fenólicos no produto final, mantendo as características sensoriais aceitáveis do produto.

Tabela 1. Etapas do Estudo Experimental

Etapas	Atividade
1°	Produção da cerveja de baixo teor alcoólico com boas características sensoriais de estudo prévias.
2°	Produção de uma cerveja de baixo teor alcóolico com boas solubilizações dos óleos essenciais
3°	Caracterização das cervejas de baixo teor alcoólico com óleo de açafrão e buriti e definição de duas concentrações melhores para cada óleo
4°	Análises antioxidante e biológicas das cervejas
5°	Análise Sensorial das amostras

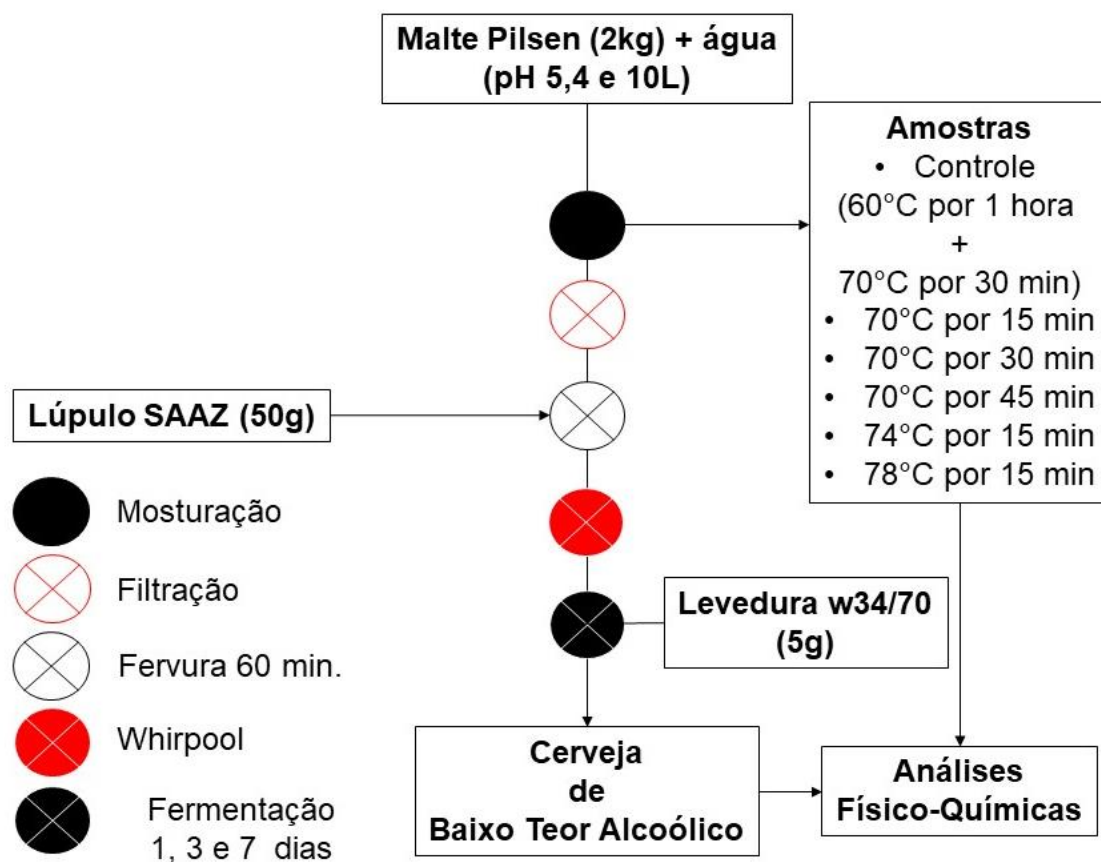
4.2.2 Produção das Cervejas

Para a obtenção da cerveja de baixo teor alcoólico, foi utilizada uma planta de produção de cerveja caseira/artesanal, para se assemelhar o máximo possível às pequenas empresas/micro empresas de produção de cerveja, objetivando utilizar e avaliar os parâmetros acessíveis de produção presentes no dia-a-dia do pequeno produtor de cerveja.

Três lotes de BTA foram preparados em duplicata, distribuídos em cerveja de baixo teor alcoólico somente, com a adição de óleo de cúrcuma e com a adição de óleo de buriti.

As técnicas utilizadas para a produção da BTA foram fermentação interrompida e limitação da conversão de açúcares fermentáveis, de acordo com FUSCO et al. (2019) com modificações, e estão presentes na figura 13.

Figura 13. Fluxograma de produção da cerveja de baixo teor alcoólico com malte pilsen.

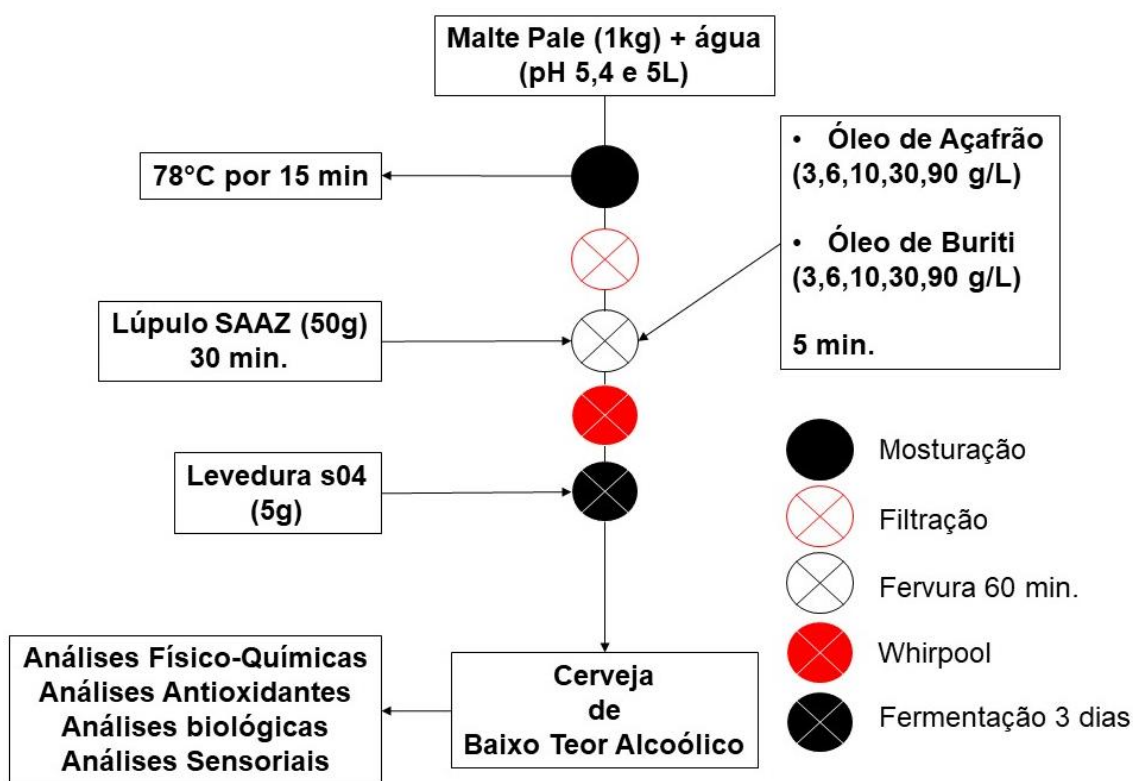


Fonte: Autoral

Uma cerveja *Lager* foi produzida com 2 kg de malte (Pilsen) em 10 litros de água. Para uma menor produção de açúcares fermentáveis, a mosturação foi realizada de 5 formas diferentes, com modificação na temperatura e tempo: Amostra 1 - 70°C/15 min; 2 - 70°C/30 min; 3 - 70°C/45 min; 4 - 74°C/15 min; e 5 - 78°C/15 min. Para inativação enzimática, após o tempo na temperatura indicada, os mostos das amostras 1, 2, 3 e 4 foram aquecidos até 78°C por 10 min. No caso da amostra 5, teoricamente as enzimas foram inativadas na temperatura de mosturação. O mosto foi filtrado com as cascas do malte (utilizadas como material filtrante). Em seguida, o mosto seguiu para outro recipiente metálico de 10 L. A etapa de fervura foi realizada por 60 min com a adição do lúpulo (SAAZ – 50 g) em diferentes momentos. Depois disso, uma agitação centrípeta (*whirlpool*) foi realizada para assentar o “trub” no centro do fundo do recipiente a fim de retirá-lo do sistema. O mosto foi resfriado (10 °C) usando um sistema de troca de calor e acondicionado em recipiente cilíndrico de plástico de 10 litros (previamente higienizado). Foi utilizado cinco gramas de levedura (w34/70). Os fermentadores foram armazenados em 12°C ao longo do processo. Para avaliar o efeito da fermentação sobre o teor alcoólico, três amostras foram divididas por tempo de fermentação, sendo 1F (um dia de fermentação), 3F (três dias de fermentação) e 7F (sete dias de fermentação). Após esse processo, a temperatura foi modificada para 0°C para que ocorra a maturação por 15 dias. Foi realizado o *priming* (6 g/L de açúcar cristal) na cerveja, sendo engarrafadas e mantidas durante 15 dias. Por fim, as garrafas foram pasteurizadas a 65°C por 20 min.

Segundo análises preliminares do grupo de estudo, a cerveja pilsen apresentou algumas características fortes de dimetilsulfureto (DMS - *off flavor*). Para a continuação do estudo, foi produzida uma cerveja tipo *pale ale*, que utiliza maltes que sofreram modificação química e podem mascarar certos sabores desagradáveis (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production BRÁNYIK *et al.*, 2012b). Assim, foi adotada uma BTA *Pale Ale* produzida com 1 kg de malte (600 g de Pale Ale; 200 g de Carahell; 170 g Carapells; e 30 g Caraaroma) em cinco litros de água e posterior fermentação com a levedura s04, o fluxograma de produção está na figura 14.

Figura 14. Fluxograma de produção da cerveja de baixo teor alcoólico com malte *pale ale*.



Fonte: Autoral

4.2.3 Análises Físico-Químicas

4.2.3.1 Potencial Iônico de Hidrogênio (pH)

Determinado pelo método potenciométrico, usando um medidor de pH (Thermo Scientific, modelo Orion 3 Star) (AOAC, 2012).

4.2.3.2 Conteúdo Alcoólico

Todas as amostras de cerveja foram destiladas em um microdestilador (Tecnal, modelo TE-012, Brasil) e o etanol determinado em densímetro digital (AOAC, 2012).

4.2.3.3 Cor

Realizada em espectrofotômetro UV-visível com leitura em 430 nm de acordo com a European Brewery Convention. Triplicatas foram realizadas, e o branco feito com água destilada. Os resultados são expressos como unidades da European Brewery Convention (EBC).

4.2.3.4 Compostos Fenólicos Totais

Quantificados com base no método adaptado de ZHAO (2016). A reação colorimétrica com reagente de Folin-Ciocalteu e 15% de carbonato de sódio foi realizada em triplicata. A absorvância das amostras é lida em espectrofotômetro a 760 nm usando água destilada como branco.

4.2.3.5 Acidez Titulável

Utiliza-se 10 mL de amostra de cada cerveja produzida, mais 100 mL de água e três gotas de fenolftaleína. As amostras são tituladas com solução de hidróxido de sódio 0,05 M (normalizado) até o ponto de viragem (AOAC, 2012).

4.2.3.6 Turbidez

Uma alíquota de 10 mL de cerveja em temperatura ambiente é submetida a um turbidímetro (Quimis, modelo Q279P), previamente calibrado. A medição do aparelho utiliza a unidade de turvação em NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

4.2.4 *Análises em HPLC*

4.2.4.1 Análise dos Açúcares

Os sacarídeos, presentes nas amostras, foram identificados e quantificados, de acordo com FORMIGONI et al. (2019), com modificações. Foi utilizada a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) acoplada a uma bomba com pistão recíprocante com quatro vias, injetor manual com alça de amostragem de 10 µL, coluna cromatográfica e detector espectrofotométrico com arranjo de fotodiodo. O álcool, presente nas amostras, foi rotaevaporado.

4.2.4.2 Análise de Compostos Fenólicos

A análise dos compostos fenólicos foi realizada de acordo com SAVI et al. (2020), com modificações. Utilizou-se um sistema LC-920 (Varian Inc., Walnut Creek, CA, Estados Unidos) juntamente com uma coluna C18 RP (250 mm x 4,6 mm, 5 µm) Eclipse Plus (Agilent Technologies, Wilmington, DE, Estados Unidos), com temperatura de forno ajustada para 30 °C. Como fase móvel foi empregado um gradiente consistindo de água ultrapura (A) e ácido acético:acetonitrila:água

(2:40:58 v/v) (B), com vazão de 1 mL/min. A corrida teve início com 5% de B, subindo para 20% em 2 minutos, 25% de B aos 15 min, 85% de B aos 25 min, sendo mantida essa proporção por 5 min, aos 30 min a fase B foi elevada a 95% para limpeza da coluna e dos 36 aos 45 min reduzida para 5%, para ambientação de todo o sistema do equipamento. As leituras foram realizadas em uma faixa bem definida de 200 a 400 nm e os compostos foram identificados por meio da comparação do tempo de retenção e perfil de absorção dos padrões previamente injetados no equipamento. Para quantificação dos compostos identificados, uma curva de calibração foi construída com soluções dos padrões ácido gálico, catequina, ácido clorogênico, ácido vanílico, ácido cafeico, epicatequina, ácido cumárico, ácido ferúlico, rutina, isoquercetina, astragalina, miricetina, ácido salicílico, quercetina, ácido cinâmico e canferol nas concentrações de 0,5; 1; 2,5; 5; 10; 20 e 50 mg/L. Para análise, um volume de 10 µL de amostra previamente descarboxilada e filtrada em filtros PTFE (0,45 µm) foi injetado (SAVI et al., 2020).

4.2.5 *Análises do Potencial Antioxidante*

4.2.5.1 DPPH

Esta análise é baseada na reação de oxirredução do radical DPPH (2,2-defenil-1-picril-hidrazil) de acordo com BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET (1995), com modificações. Preparou-se uma solução de DPPH 32 µg/mL (80 µM; MM = 394,32 g/mol) em um balão volumétrico dissolvendo 1,6 mg de DPPH em volume final de 50 mL de metanol ou etanol. A solução foi, devidamente, protegida da luz. Verificou-se a absorbância da solução a 517 nm que deve estar entre 0,9 e 1,1. Foram pipetados 280 µL da solução DPPH e 20 µL de amostra em duplicata. Posteriormente, as amostras foram incubadas por 30 minutos em ausência da luz e analisadas em leitor de placas em 517 nm. O resultado foi expresso como um percentual de inibição usando a seguinte equação:

$$\%RSA = \left(1 - \frac{AbsAmostra}{AbsControle} \right) * 100$$

Valores expressos em média ± SEM (n = 4 por grupo). Significância determinada pela análise de variância unidirecional (ANOVA) seguida do teste de Dunnett. *

p <0,05 em comparação ao controle. %RSA = $(1 - \text{Absamostra}/\text{Abscontrole}) \times 100$

4.2.5.2 FRAP

As atividades antioxidantes totais das cervejas foram avaliadas tanto pelo ensaio de Poder Antioxidante Redutor Férrico (do inglês, FRAP) de acordo com RUFINO et al. (2006) e WOOTTON-BEARD; MORAN; RYAN (2011), com modificações. Para o ensaio FRAP, a capacidade de redução da cerveja foi calculada referindo-se à curva de calibração do sulfato de ferro e relatada como equivalente em mM Fe₂SO₄/L de cerveja.

4.2.5.3 Tiol total

A concentração de Tiol total, *in vitro* e *ex vivo* (sem incubação), foi determinada com base no procedimento de HABIG; PABST; JAKOBY (1974), com modificações. A leitura das microplacas foi realizada em 405 nm em espectrofotômetro UV-Vis (Thermo-Plate Reader). Valores expressos em média $\pm$ SEM (n = 3 por grupo). Significância determinada pela análise de variância unidirecional (ANOVA) seguida do teste de Dunnett. * p <0,05 em comparação ao controle.

4.2.5.4 Atividade de sequestro do Radical Hidroxila (HO•).

Os radicais hidroxila foram gerados a partir de Fe₂SO₄ e H₂O₂ e detectados pela capacidade de hidroxilar o salicilato de acordo com LIU et al. (2010), com modificações. Em um tubo de ensaio, preparou-se uma mistura reacional contendo 0,5 mL de Fe₂SO₄ (1,5 mM), 0,35 mL de H₂O₂ (6 mM), 0,15 mL de salicilato de sódio (20 mM) e 1 mL das diferentes concentrações da amostra. Usou-se ácido ascórbico (1 g/L) como controle positivo. Após incubação por 1 hora a 37°C, a absorbância do complexo salicilato-hidroxilado foi avaliada em espectrofotômetro a 562 nm. A porcentagem de remoção foi calculada como:

$$\% \text{ de Remoção de HO}\bullet = \left[1 - \frac{(A1-A2)}{A0} \right] \times 100\%$$

Onde A1 representa a absorbância da amostra ou do ácido ascórbico. A0 a absorbância do controle e A2 a absorvância do branco (reagente com salicilato de sódio).

4.2.5.5 Atividade de remoção de H₂O₂

A atividade de remoção de H₂O₂ foi realizada de acordo com LIU et al. (2010), com modificações. Em frascos de Erlenmeyer adicionou-se 1 mL de H₂O₂ 0,1 mM, 1 mL da amostra na concentração desejada, 0,1 mL de molibdato de amônio 3% m/v, 10 mL de H₂SO₄ 2M, e 7 mL de KI 1,8M. Titulou-se a mistura com Na₂S₂O₃ 5mM até que a cor amarela desapareça. A atividade de remoção foi calculada como:

$$\text{Remoção de H}_2\text{O}_2 = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \times 100\%$$

Onde V0 será o volume da solução de Na₂S₂O₃ utilizada para titular a mistura controle e V1 o volume da titulação da mistura contendo a amostra.

4.2.6 Análises Biológicas: *In vitro* e *Ex vivo*

Nas análises *in vitro*, os testes foram realizados em leitoras de microplacas utilizando as enzimas isoladas e solubilizadas em tampão, sendo que, para essa metodologia, não houve tratamento com as cervejas nas moscas enquanto vivas. Para essa análise enzimática, foram utilizadas, no momento da análise (nas microplacas), as cervejas artesanais com adição de óleos essenciais e uma cerveja artesanal com baixo teor alcoólico (controle), a fim de avaliar os efeitos dos bioativos na atividade das enzimas analisadas.

Enquanto que, para os ensaios *ex vivo*, as moscas foram previamente tratadas (*in vivo*) com as cervejas produzidas. A atividade enzimática foi avaliada com o tecido biológico da mosca em espectrofotômetro, sem adicionar as cervejas nas microplacas, pois entende-se que as moscas já foram alimentadas com as amostras em seu crescimento até a fase adulta.

Os experimentos das análises enzimáticas, tanto *in vitro* quanto *ex vivo*, foram realizados com no mínimo quatro repetições em duplicata.

4.2.6.1 Obtenção do Tecido Biológico

Cerca de 50 moscas (utilizadas nas análises *in vivo*) por grupo foram imobilizadas a - 5 °C por aproximadamente 30 minutos em um eppendorf e manualmente homogeneizadas com auxílio de um bastão de vidro em uma solução tampão Tris-HCl 0,5 M e pH 7,4 na proporção de 1:10 (mosca/volume (em µL)). O homogeneizado obtido das moscas foi centrifugado a 12.000 g por 10 minutos. O sobrenadante (S1) foi removido e utilizado para análises.

4.2.6.2 Atividades das enzimas AChE e BChE

As atividades das enzimas AChE e BChE foram determinadas de acordo com o método de ELLMAN (1959) com modificações. O meio da reação conteve 100 µL de solução-tampão Tris-HCl 0,5 M (pH 7,4), 100 µL de 5,5'-Dithiobis (ácido 2-nitrobenzóico) (DTNB) 10 mM e 75 µL de S1. As amostras foram pré-incubadas com 25 µL das cervejas por 2 minutos (para análise *in vitro*) e no final foram adicionados 100 µL do substrato (iodeto de acetiltiocolina ou butiriltiocolina 8 mM). A leitura das microplacas foi realizada em 405 nm em espectrofotômetro UV-Vis (Thermo-Plate Reader). Valores expressos em média ± SEM (n = 4 por grupo). Significância determinada pela análise de variância unidirecional (ANOVA) seguida do teste de Dunnett. * p <0,05; ** p<0,01; *** p <0,001; **** p <0,0001 em comparação ao controle.

4.2.7 Análises Biológicas: *In vivo*

Para as análises *in vivo*, foram utilizadas moscas jovens (2-3 dias). Primeiramente, foi feita a sincronização das moscas, que é realizada separando vidro de cultura das moscas que apresenta somente larvas de DM. Após a eclosão das larvas (2-3 dias), as moscas foram mantidas nos vidros por um período de 2 dias até tornarem-se adultas e, então, iniciar os testes.

4.2.7.1 Taxa de sobrevivência/mortalidade

As moscas foram adormecidas em geladeira (6 a 10 °C) e 100 moscas de ambos os sexos foram transferidas para o meio de análise (1% de ágar; 1% de extrato de levedura; 0,05% de sacarose; 1% de leite em pó; 0,08% de metilparabeno) com concentrações diferentes da cerveja, além do controle. A taxa de sobrevida foi avaliada pela contagem diária do número de moscas vivas

até o final do período experimental (5 dias) após a exposição a várias concentrações de cerveja. Valores expressos em média $\pm$ SEM (n = 3 por grupo). Significância determinada pela análise de variância bidirecional (ANOVA) seguida do teste de Dunnett. * p <0,05; ** p<0,01 em comparação ao controle.

4.2.8 *Análise sensorial*

O teste de aceitação foi efetuado após aprovação do projeto no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista (UNESP) - CAAE: 53220421.5.0000.5466. As análises de Cor, Corpo, Aroma, Sabor e Aceitação Global das cervejas de baixo teor alcoólico padrão, com açafrão e buriti (3g e 30g/L) foram avaliadas (STONE; SIDEL, 1973). A escala hedônica de 1 "desgostei muitíssimo" a 9 "gostei muitíssimo" foi utilizada. A intenção de compra também foi avaliada através de uma escala de 5 pontos que varia de 1 "Eu certamente compraria este produto" para 5 "eu certamente nunca compraria este produto" (MEILGAARD *et al.*, 2006). Um grupo de 100 consumidores não treinados, 49 do sexo masculino e 51 do sexo feminino, com faixa etária entre 18 e 66 anos que, em maioria, gosta muito de cerveja e consome 1 vez/ semana, pertencentes à comunidade IBILCE-UNESP e sem sensibilidade ou alergia a nenhum dos ingredientes da bebida, avaliou as cervejas de baixo teor alcoólico.

4.2.9 *Análise Estatística*

Para a avaliação sensorial, as amostras foram apresentadas de forma monádica, aleatórias e desordenadas. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P <0,05) (STEEL *et al.*, 1997). Para as análises biológicas e físico-químicas, as análises estatísticas foram realizadas pelo *software* GraphPad Prism 6 utilizando ANOVA fator único seguido do teste *post-hoc* de Tukey ou Dunnet a um nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo foram apresentados por etapas, conforme previsto na metodologia.

Inicialmente, avaliou-se a produção de BTA *lager* utilizando uma planta de produção de cerveja caseira/artesanal. Para tal, a produção das cervejas de baixo teor alcoólico foi realizada de forma exclusivamente simples, utilizando técnicas e utensílios de acordo com uma cervejaria artesanal. Foram avaliados diferentes métodos de fermentação e de mosturação efetuando análise físico-química e análise sensorial prévia para avaliação da aceitabilidade do sabor e do aroma da cerveja produzida.

A seguir, com a alteração do tipo de cerveja para *pale ale*, devido a *off flavors* detectados, foram avaliadas diferentes concentrações de óleos de cúrcuma e de buriti.

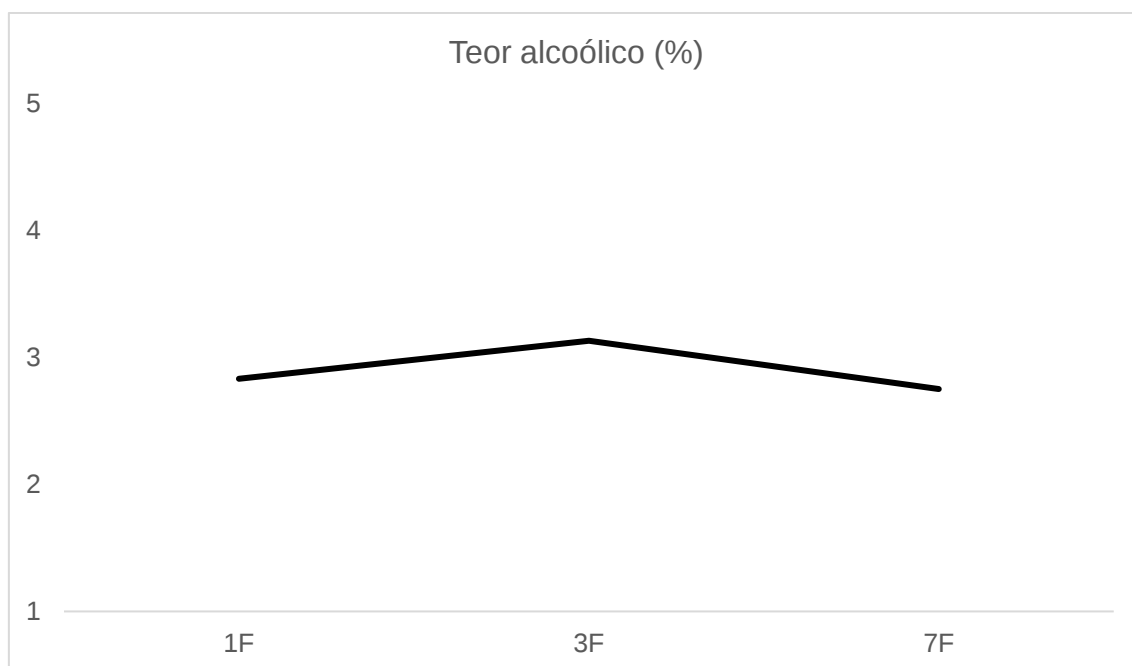
Por fim, realizaram-se as análises de atividade antioxidante, efeitos biológicos (*in vitro*, *in vivo* e *ex vivo*) e análise sensorial para as amostras de concentrações dos óleos de buriti e cúrcuma selecionadas.

5.1 Cerveja Lager

5.1.1 Análises Físico-Químicas

Primeiramente, foram preparadas as cervejas tipo *Lager*, para analisar o efeito do tempo da fermentação sobre o teor alcoólico. O procedimento foi realizado de acordo com a Figura 13, onde foi utilizada a temperatura de 70°C por 15 min. no processo de mosturação. Obteve-se os resultados para as amostras 1F (um dia de fermentação), 3F (três dias de fermentação) e 7F (sete dias de fermentação) em relação ao teor alcoólico (Figura 15).

Figura 15. Efeitos da fermentação no teor alcoólico.



Quanto ao teor alcoólico, os resultados demonstraram valores maiores do que o recomendado pela legislação, sendo que, para 1F e 7F, não houve diferença significativa, eliminando assim o efeito da fermentação sobre o teor alcoólico nesses parâmetros.

As análises físico-químicas, para as cervejas com variação no tempo de fermentação, estão presentes na tabela 2.

Tabela 2. Análises físico-químicas das cervejas *lager* com diferentes tempos de fermentação

Análises	1F	3F	7F
pH	4,79 ^a ±0,01	4,73 ^b ±0,01	4,75 ^b ±0,01
Acidez (%)	0,24 ^a ±0,02	0,22 ^a ±0,01	0,67 ^b ±0,01
Comp. Fenólicos Totais (mg de EAG.L ⁻¹)	883,40 ^a ±212,84	804,07 ^a ±79,90	823,73 ^a ±301,23
Turbidez (NTU)	152,50 ^a ±0,71	104,00 ^b ±0	100,00 ^c ±0
Cor (EBC)	42,30 ^a ±0,07	31,23 ^b ±0,25	30,85 ^b ±0,21

* Médias ± desvios padrões das determinações em triplicata seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

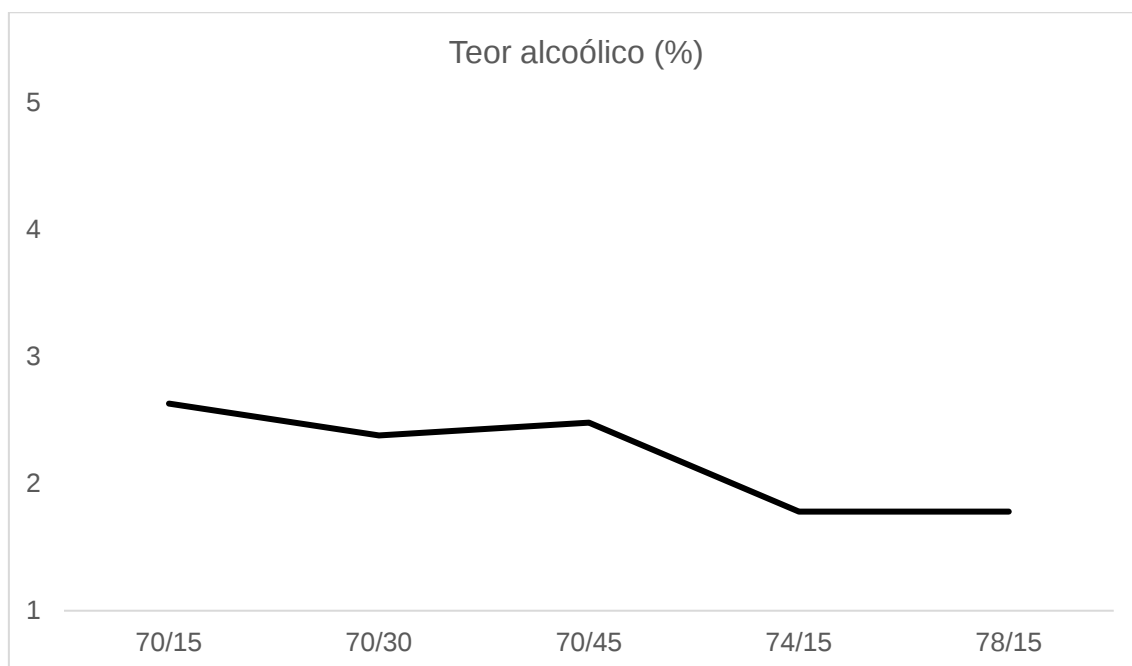
Os resultados obtidos demonstraram que não houve diferenças significativas para a análise de compostos fenólicos totais, e esses resultados estão condizentes com os encontrados na literatura (Anexo – A.2 – Tabela 10).

Para o pH, todas amostras estiveram dentro dos valores associados a uma cerveja *Lager*. Já para a acidez, quanto maior tempo de fermentação maior a formação de ácidos orgânicos, muitas vezes indesejáveis.

Os valores de turbidez, bem como a cor, estão de acordo com a literatura para cerveja artesanal (KEMPKA *et al.*, 2017), e variaram durante o tempo de fermentação.

Uma vez avaliada a influência do tempo de fermentação, sucedeu-se a análise da variação da temperatura e do tempo de mosturação sobre a produção de açúcares e, conseqüentemente, sobre o teor alcoólico e outras características. Os resultados para amostras 70/15 (70°C/15min de mosturação), 70/30 (70°C/30min de mosturação), 70/45 (70°C/45min de mosturação), 74/15 (74°C/15min de mosturação) e 78/15 (78°C/15min de mosturação) em relação ao teor alcoólico estão presentes na Figura 16.

Figura 16. Efeitos da temperatura e do tempo de mosturação no teor alcoólico.



Na análise de teor alcoólico, as amostras 70/15 (2,63), 70/30 (2,38) e 70/45 (2,48) diferiram das amostras 74/15 (1,78) e 78/15 (1,78). Na temperatura

de 70°C há uma maior ação da enzima β Amilase que, por sua vez, pode estar inativada a 74/78 °C produzindo menos açúcares fermentescíveis (SAMARAS *et al.*, 2005).

Os resultados completos da análise físico-químicas, para as cervejas com variação no tempo e na temperatura de mosturação, estão presentes na tabela 3.

Tabela 3. Análises físico-químicas das cervejas *lager* com diferentes temperaturas e tempos de mosturação.

Análises	70/15	70/30	70/45	74/15	78/15
pH	5,0 ^b ±0,01	5,0 ^b ±0,01	5,1 ^a ±0,01	4,8 ^c ±0,01	4,8 ^c ±0,01
Acidez (%)	0,18 ^{ab} ±0,01	0,17 ^{ab} ±0,01	0,14 ^a ±0,01	0,15 ^{ab} ±0,01	0,19 ^b ±0,01
Comp. Fenólicos totais (mg de EAG.L⁻¹)	497,73 ^a ±	514,73 ^a ±	533,73 ^a ±	567,07 ^a ±	526,73 ^a ±
	32,56	11,37	47,48	22,12	2,08
Turbidez (NTU)	802,50 ^{ac} ±	740,00 ^c ±	938,50 ^a ±	143,50 ^b ±	855,50 ^{ac} ±
	12,02	0,71	86,97	0,71	17,68
Cor (EBC)	43,14 ^d ±0,09	35,35 ^c ±0,49	44,46 ^d ±0,16	22,01 ^b ±0,44	39,18 ^a ±0,60
Teor alcoólico (%)	2,63 ^b ±0,11	2,38 ^b ±0,04	2,48 ^b ±0,11	1,78 ^a ±0,04	1,78 ^a ±0,11

* Médias ± desvios padrões das determinações em triplicata seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey (p > 0,05).

Para as cervejas *lager* com modificações nos parâmetros da mosturação não houve diferenças significativas para a análise de compostos fenólicos totais. E esses resultados estão concordantes com os encontrados na literatura (Anexo – A.2 – Tabela 10).

O pH e acidez estão de acordo com a cerveja *Lager*, mesmo com as diferenças significativas (BJCP, 2016).

Houve variação nos valores de turbidez, entre as amostras. Sabe-se que, como não são usados clarificantes no processo de produção, esse parâmetro pode sofrer variações na hora do processo, influenciando diferentemente no produto final, porém a turbidez elevada faz parte das características da cerveja artesanal (KEMPKA *et al.*, 2017). Além disso, a turbidez influenciou nos valores de cor, visto que a amostra 74/15 teve menor

valor de turbidez e de cor, e se manteve dentro dos valores esperados para uma cerveja *lager* (BJCP, 2016).

Foi realizada a análise cromatográfica para melhor visualização do potencial desse estudo na produção de cerveja de baixo teor alcoólico, os resultados estão na tabela 4.

Tabela 4. Teor de açúcares nas cervejas de baixo teor alcoólico (mg/100 mL)

AMOSTRAS						
SUBSTÂNCIA	*Controle	70/15	70/30	70/45	74/15	78/15
Ramnose	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc	Nc
Frutose	13	5	7	9	9	7
Glicose	216	89	84	163	248	237
Sacarose	92	37	29	67	93	108
Maltose	868	591	580	816	670	234

*Parâmetros de mosturação da amostra controle: 60° por 60 min e 70° por 30 min.

Os dados apresentados demonstram uma variação na quantidade de açúcares entre as amostras. Com o aumento do tempo de mosturação, observa-se um aumento na concentração de todos os açúcares, principalmente, quando se analisa as amostras 70/30 e 70/45. Esses dados estão de acordo com a literatura, visto que as enzimas amilases necessitam de um tempo para a produção dos açúcares (MULLER, 1991).

Para a variação de temperatura, a amostra 78/15 teve menores concentrações de açúcares fermentescíveis quando comparada as amostras 70/15 e 74/15. Isto pode ser explicado pela baixa atividade das enzimas amilases que são inativadas em 77°C (PRIEST; STEWART, 2006).

Não foram encontrados traços do carboidrato ramnose nas amostras avaliadas. Enquanto que a frutose apresentou-se em maior quantidade na amostra controle.

Para os açúcares fermentescíveis, glicose e maltose, foi possível visualizar que, somando as suas quantidades, a amostra 78/15 é a que apresenta menor quantidade, cerca de 579 mg/100mL, enquanto que a amostra controle apresenta 1176 mg/100mL. Além disso, é a amostra que contém a menor quantidade de maltose entre as amostras.

Logo, esses resultados demonstram que a metodologia de mosturação com a temperatura em 78°C por 15 minutos foi capaz de produzir cerveja artesanal de baixo teor alcoólico, baseando-se na quantidade de álcool formado, bem como a menor concentração de açúcares detectados pela cromatografia.

Esses dados foram de grande importância para continuação do estudo, pois comprovaram que os métodos utilizados para a produção de cerveja de baixo teor alcoólico foram suficientes para produção da bebida, e estão de acordo com a literatura, onde sabe-se que a mosturação, principalmente o controle da atividade das enzimas amilases, tem grande influência na concentração de açúcares fermentescíveis do mosto (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production BRÁNYIK *et al.*, 2012a; MONTANARI *et al.*, 2005, 2009; MULLER, 1991). Além disso, a observação desses açúcares é comum na produção de cerveja, visto que SAMARAS *et al.* (2005) observaram que a maltose foi o açúcar mais abundante nos mostos estudados, enquanto que a glicose, frutose e sacarose foram detectados em todos os mostos, exceto naqueles preparados com maltes altamente torrados, nestes a maltose e maltotriose foram os únicos açúcares detectados nos mostos. O mesmo foi observado por ALMENDINGER; ROHN; PLEISSNER (2020), onde o principal açúcar simples encontrado em todos os extratos, obtidos de brotos de malte, testados foi a maltose em concentrações de 52,6 mg.g⁻¹.

Após efetuada a produção das amostras de cerveja *lager*, em tempos diferentes de fermentação e tempos e temperaturas diferentes de mosturação, verificou-se que foram obtidas cervejas de baixo teor alcoólico dentro da legislação brasileira. Porém, as amostras, em uma avaliação sensorial prévia do grupo de estudos, apresentaram sabores e aromas desagradáveis. Por isso, foram preparadas cervejas com maltes *Pale Ale*, a fim de eliminar alguns *off flavors*, usando a metodologia de 78°C por 15 minutos de mosturação em 3 dias de fermentação.

5.2 Cervejas *Pale Ale*

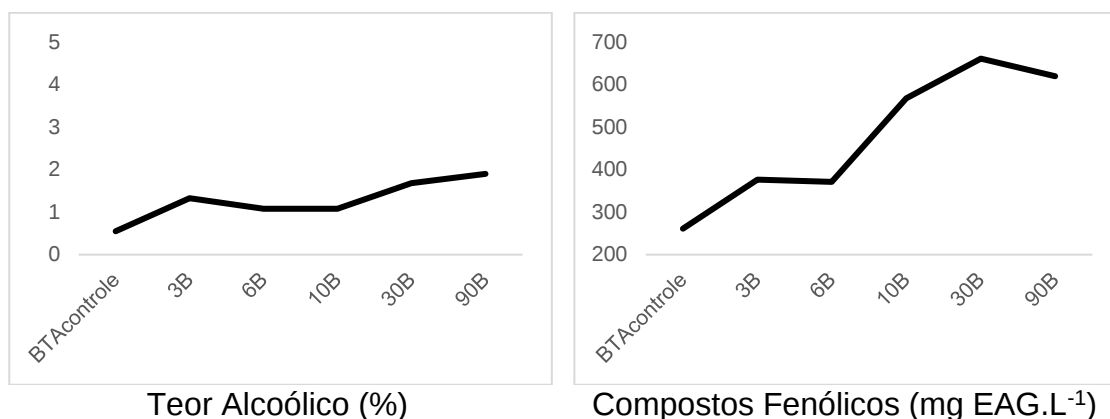
Para dar continuidade ao estudo, foram elaboradas cervejas pale ale, com óleo de buriti nas concentrações de 3 g/L (3B), 6 g/L (6B), 10 g/L (10B), 30 g/L (30B) e 90 g/L (90B) e com óleo de açafrão nas concentrações de 3 g/L (3A),

6 g/L (6A), 10 g/L (10A), 30 g/L (30A) e 90 g/L (90A) utilizando, no processo de mosturação, 78°C e 15 min. e 3 dias de fermentação.

5.2.1 Análises físico-químicas

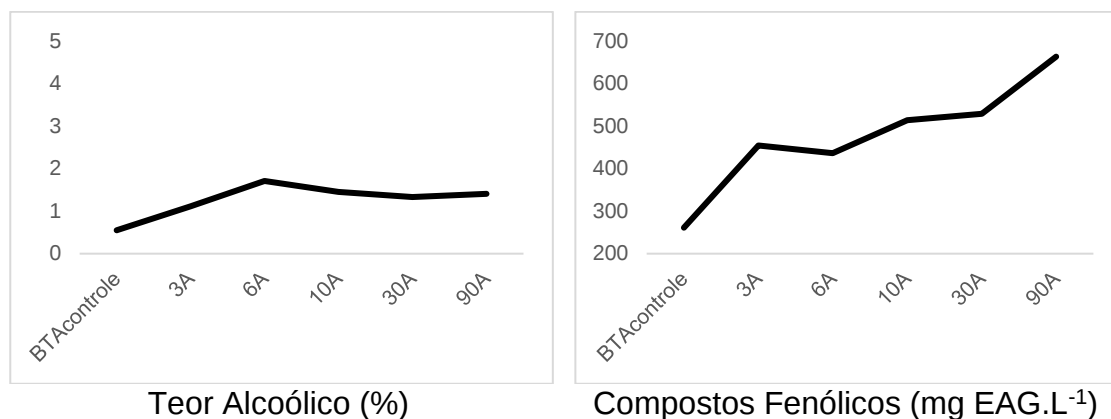
Os resultados dos efeitos das cervejas *Pale Ale* de baixo teor alcoólico, com adições de buriti e cúrcuma, sobre o teor alcoólico e composição fenólica total estão presentes nas figuras 17 e 18, respectivamente. As quantidades de óleos adicionadas foram, previamente, estudadas pelo grupo de pesquisa do laboratório junto com dados obtidos da literatura (DUCRUET *et al.*, 2017; NARDINI; FODDAI, 2020).

Figura 17. Efeitos da adição do óleo de buriti na cerveja de baixo teor alcoólico.



Os dados de teor alcóolico para a cerveja de buriti mantiveram-se dentro da margem para a legislação vigente e pode-se observar que para a cerveja com óleo de buriti, conforme se aumentou a concentração de 3 g/L do óleo para 10 g/L, diminuiu o teor alcoólico (de 1,33 para 1,08 %), porém aumentou-se a concentração fenólica total (de 376,1 para 567,7 mg EAG.L⁻¹), chegando até a 661,1 mg EAG.L⁻¹ para a concentração de 30 g/L de buriti.

Figura 17. Efeitos da adição do óleo de açafrão na cerveja de baixo teor alcoólico.



Para as cervejas com óleo de açafrão observa-se que houve uma variação no teor alcoólico conforme se aumentou a concentração do óleo, diminuindo o teor alcoólico de 1,71% na amostra 6A para 1,41% para amostra 90A e ao mesmo tempo aumentou, significativamente, a concentração fenólica para as mesmas amostras.

As outras análises físico-químicas para a cerveja *pale ale* encontram-se na tabela 5.

Tabela 5. Resultados das análises físico-químicas das cervejas *Pale Ale*.

Amostras	pH	Acidez (%)	Turbidez (NTU)	Cor (EBC)	Teor Alcoólico (v/v)	Compostos Fenólicos (mg EAG.L-1)
BTA controle	4,86 ^{ae}	0,17 ^a	21,7 ^a	18,4 ^a	0,55 ^d	261,1 ^a
	±0,02	±0,02	±0,26	±0,44	±0,19	±23,18
3B	5,05 ^{bd}	0,17 ^a	31,1 ^a	24,9 ^b	1,33 ^{abcd}	376,1 ^{ab}
	±0,01	±0,01	±0,80	±0,04	±0,17	±20,53
6B	5,20 ^c	0,18 ^{ab}	77,0 ^a	24,7 ^b	1,08 ^{abd}	371,1 ^{ac}
	±0,01	±0,01	±0,92	±0,08	±0,21	±24,38
10B	4,98 ^{dg}	0,24 ^{ce}	360,7 ^b	34,9 ^{cdf}	1,68 ^{abc}	567,7 ^{deg}
	±0,02	±0,01	±8,08	±0,05	±0,47	±76,30
30B	4,79 ^e	0,21 ^{bd}	226,0 ^c	36,0 ^d	1,90 ^c	661,1 ^e
	±0,02	±0,01	±7,00	±0,23	±0,10	±48,58

90B	4,70 ^f ±	0,26 ^{eg}	483,0 ^d	37,1 ^d	1,81 ^{abc}	619,4 ^{ef}
	0,03	±0,01	±5,57	±0,09	±0,28	±76,37
3A	4,67 ^f	0,19 ^{abd}	20,8 ^a	27,5 ^e	1,11 ^{bd}	454,1 ^{bcd}
	±0,03	±0,01	±0,06	±0,10	±0,26	±43,56
6A	5,07 ^b	0,22 ^{cdf}	21,7 ^a	32,5 ^f	1,71 ^{abc}	436,7 ^{bcd}
	±0,02	±0,02	±0,26	±0,14	±0,25	±27,15
10A	5,12 ^b	0,26 ^{efg}	835,7 ^e	37,1 ^{cd}	1,45 ^{abc}	514,1 ^{bfg}
	±0,02	±0,01	±3,21	±0,18	±0,34	±5,77
30A	4,97 ^g	0,22 ^{cd}	833,0 ^e	35,5 ^{cd}	1,33 ^{abcd}	528,7 ^{deg}
	±0,03	±0,01	±99,92	±2,88	±0,12	±3,05
90A	4,87 ^a	0,29 ^g	308,3 ^{bc}	36,9 ^{cd}	1,41 ^{abc}	663,4 ^e
	±0,04	±0,01	±16,62	±0,11	±0,36	±85,16

* Médias ± desvios padrões das determinações em triplicata seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey (p > 0,05).

Para as amostras com óleo de Buriti e óleo de açafrão, observa-se que o pH diminuiu, enquanto que a acidez aumentou. Esses resultados podem ser explicados pela composição dos óleos utilizados que são ricos em ácidos fenólicos.

Para os resultados da análise de turbidez, todas amostras estiveram dentro dos valores associados a uma cerveja artesanal *pale ale* (BJCP, 2016; KEMPKA *et al.*, 2017), e variaram com o aumento da adição dos óleos, visto que esses óleos são ricos em compostos fenólicos. Ao mesmo tempo, a coloração dos óleos foi modificada conforme aumentou-se a concentração dos óleos, como mostrados nos Anexos – B.1- Figura 25 e C.1 – Figura 26 e como previsto anteriormente, pois esses óleos apresentam compostos que são utilizados como corantes naturais.

Foram obtidas cervejas de baixo teor alcoólico com boas dissoluções de óleos de açafrão-da-terra e buriti, sendo adicionados no final da fervura.

Posteriormente, foi avaliada a concentração fenólica por HPLC das cervejas produzidas e os resultados para as cervejas *Pale Ale* de baixo teor alcoólico, com adições de açafrão, estão presentes na tabela 6.

Tabela 6. Teor de Ácidos Fenólicos (mg/L) *

AMOSTRAS

SUBSTÂNCIA	3A	10A	30A	90A
Ácido gálico	-	-	2,44	-
Catequina	3,04	3,05	1,10	1,80
Ácido vinílico	-	1,45	0,42	1,38
Ácido cumárico	0,97	0,88	0,36	0,89
Ácido ferúlico	0,96	2,43	2,24	-
Rutina	1,68	-	-	-
Isoquercetina	0,80	1,37	4,57	2,42
Astragalina	1,30	1,64	2,73	2,34
Quercetina	0,90	1,46	-	-

*Os resultados para as amostras de buriti, infelizmente, não foram possíveis de se obter até o presente momento devido problemas técnicos com o equipamento. Assim que solucionado o problema, serão adicionados os resultados na tabela para posterior publicação em periódicos da área.

Os resultados obtidos demonstram que as amostras produzidas com a adição de açafrão contêm um alto e diversificado teor de ácidos fenólicos. Embora que para a amostra 3A não tenha havido níveis de detecção para os compostos Ácido Gálico e Vinílico, para a amostra 10A os compostos Ácido Gálico e Rutina, para a amostra 30A os compostos Rutina e Quercetina e para amostra 90A os compostos Ácido gálico e ferúlico, foi possível detectar, pela análise cromatográfica de HPLC, o Ácido gálico, a Catequina, o Ácido vinílico, o Ácido cúmarico, o Ácido ferúlico, a Rutina, a Isoquercetina, a Astragalina e a Quercetina (a discrepância dos resultados obtidos pode ser justificada pela baixa dissolução do óleo em altas concentrações como pode ser observado no Anexo – C.1 – Figura 26).

Esses resultados estão de acordo com a literatura, visto que MOURA-NUNES et al. (2016) encontraram dez compostos fenólicos, todos ácidos fenólicos, em seu estudo com cervejas brasileiras, dentre eles ácido p-cumárico, ferúlico, gálico e vanílico. Para o grupo de cerveja sem álcool, o autor observou que o ácido gálico foi o composto fenólico mais abundante (3,36 mg/L), enquanto que os ácidos ferúlico (0,33 mg/L), p-cumárico (0,33 mg/L), vanílico (0,23 mg/L) foram encontrados nas menores concentrações. Além disso, os autores relataram que as cervejas alcoólicas com amargor muito alto apresentaram teores, 3 a 30 vezes, maiores de ácidos gálico, quando comparadas às cervejas sem álcool. Esse fato pode ser explicado pela maior solubilidade dos compostos fenólicos no álcool. Sendo assim, observa-se que alguns desses compostos

estão em maior concentração, quando comparadas a cervejas sem álcool na literatura, nas amostras produzidas nesse estudo com óleos essenciais.

Em estudo, observou-se que cervejas convencionais tipo *ale* e *lager* não apresentaram teores detectáveis de catequina (NARDINI; FODDAI, 2020), composto que está presente, naturalmente, na cevada (CARVALHO *et al.*, 2015; SAMARAS *et al.*, 2005). Enquanto que, quando analisados os resultados em cervejas especiais (cervejas adicionadas de algum alimento como noz (1,80 mg/L), café (1,30 mg/L)), é possível observar a presença desse ácido fenólico (NARDINI; FODDAI, 2020). Ou seja, a adição de alguns nutrientes, como o caso do açafraão efetuado nesse estudo, pode potencializar a sua quantidade no produto final.

Os resultados desse estudo são promissores, pois as cervejas sem álcool podem ser consideradas menos bioativas, pela menor concentração/biodisponibilidade fenólica, do que as cervejas alcoólicas (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production BRÁNYIK *et al.*, 2012b; MOURA-NUNES *et al.*, 2016). Este fato foi superado pela adição dos óleos bioativos, pois estes apresentam uma grande concentração de compostos fenólicos em sua composição (BATAGLION *et al.*, 2014; Curcumin, a component of golden spice: From bedside to bench and back PRASAD *et al.*, 2014; PRIYADARSINI, 2014; RESENDE *et al.*, 2019).

Para a continuação do trabalho optou-se, de acordo com os resultados de aumento da concentração fenólica, por reduzir a quantidade de amostras em duas concentrações diferentes (3 e 30 g/L) mais uma amostra controle (sem adição dos óleos essenciais).

5.3 Atividade Antioxidante

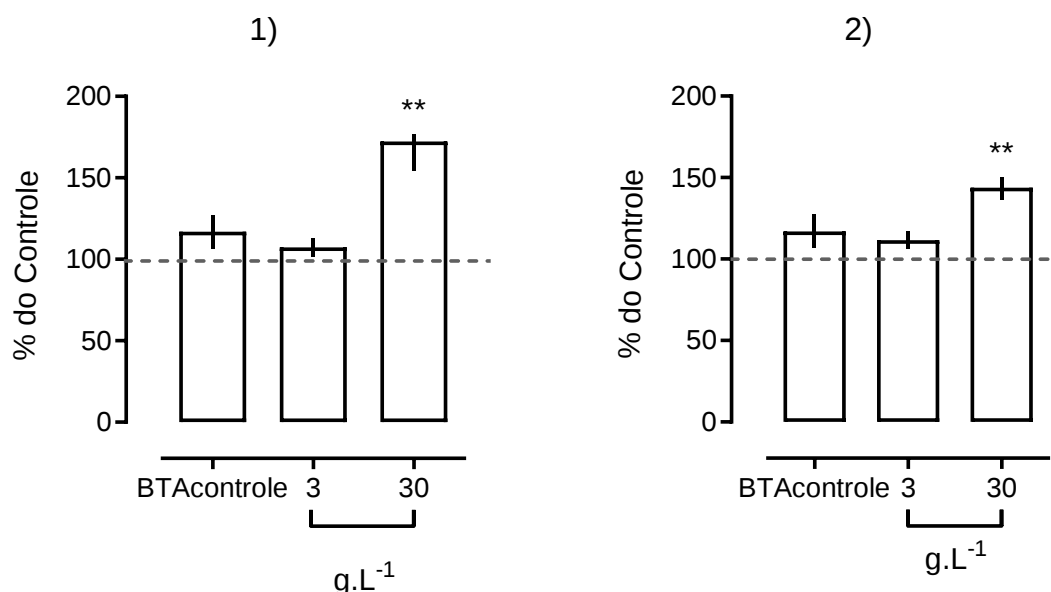
Muitos estudos avaliam os possíveis efeitos da cerveja no sistema biológico. Atualmente, sabe-se que a cerveja pode proporcionar um aumento na atividade antioxidante sobre o estresse oxidativo. O estresse oxidativo está correlacionado com um aumento na presença de espécies reativas de oxigênio, intimamente associadas a diversos tipos de doenças. A capacidade antioxidante da cerveja deriva principalmente de polifenóis, de compostos originados da reação de Maillard, e da vitamina C do malte e do lúpulo (BETTENHAUSEN *et*

al., 2018; MARTINEZ-GOMEZ *et al.*, 2020; MERINAS-AMO *et al.*, 2019; OSORIO-PAZ *et al.*, 2020).

Assim, foram avaliados os efeitos antioxidantes das amostras produzidas, tanto *in vitro* onde foram utilizadas as cervejas em processos sem o contato com um ser vivo, quanto em análises *ex vivo* onde as moscas são alimentadas com as BTA e depois sacrificadas para posterior análise.

Nas proteínas, os tióis são considerados os principais responsáveis pela sua ação antioxidante (ANDERSSON *et al.*, 2000; MORAN *et al.*, 2012; YASSIN *et al.*, 2012). Os resultados das cervejas de BTA *in vitro* sobre os tióis totais estão presentes na figura 19, sendo que a significância foi determinada pela análise de variância unidirecional (ANOVA) seguida do teste de Dunnett. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$ em comparação ao controle.

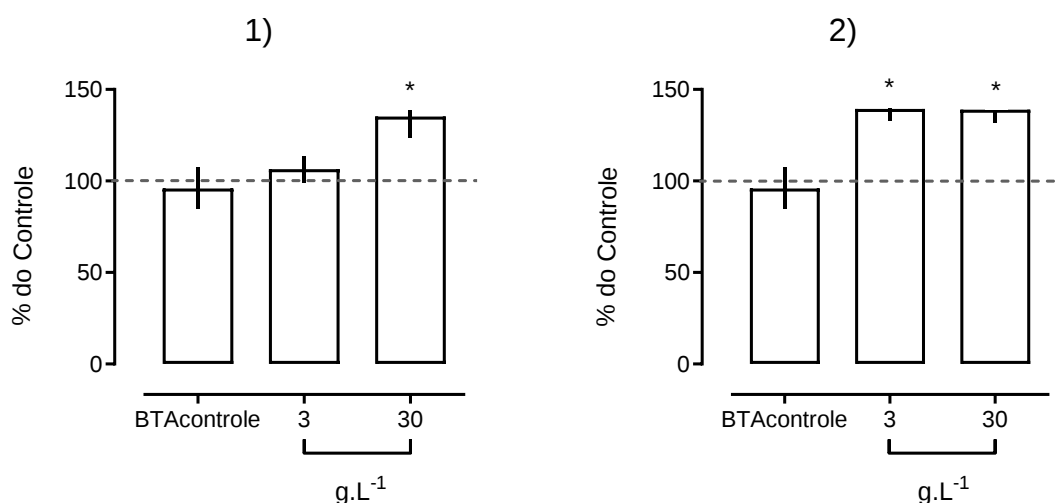
Figura 18. Efeitos *in vitro* das cervejas de baixo teor alcoólico BTA controle, com adição de óleo de açafrão (1) e com adição de óleo de buriti (2) sobre os Tióis totais.



As análises *in vitro* demonstraram que, para a concentração de 3g/L, não há diferença significativa em relação a amostras sem adição dos óleos essenciais. Já para 30 g/L, visualiza-se uma concentração, significativamente, maior de tióis totais (cerca de 160%), e, conseqüentemente, uma maior ação antioxidante para as cervejas com adição de buriti e açafrão.

Os resultados das cervejas de baixo teor alcoólico *ex vivo* sobre os tióis totais estão presentes na figura 20, sendo que a significância foi determinada pela análise de variância unidirecional (ANOVA) seguida do teste de Dunnett. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$ em comparação ao controle.

Figura 19. Avaliação da oxidação dos Tióis totais no tecido de DM alimentadas de cervejas de baixo teor alcoólico com adição de óleo de açafrão (1), óleo de buriti (2) e BTAcontrole.



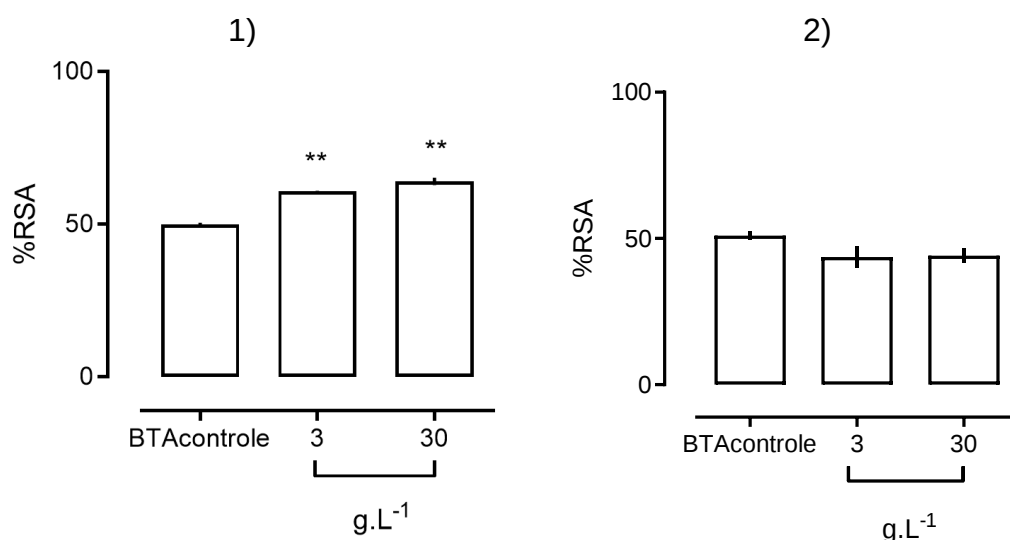
As análises *ex vivo* demonstraram que, para cúrcuma, em baixas concentrações (3 g/L), não tem diferença significativa em relação a cerveja BTAcontrole, enquanto que em altas concentrações (30 g/L) houve diferença significativa (cerca de 140% de tióis totais) em relação a amostra BTAcontrole. Já no caso do buriti em 3 g/L e 30 g/L demonstraram maiores concentrações (cerca de 140%) de tióis totais do que a amostra sem adição de óleo.

Quando em comparação com a concentração de tióis totais para análises *in vitro* e *ex vivo*, pode-se visualizar que para a amostra com adição de açafrão os resultados se mantiveram com o mesmo comportamento, a amostra 30A se manteve em maiores concentrações de tióis totais quando comparada com a cerveja sem adição do óleo, variando as concentrações de cerca de 140% para cerca de 160% de tióis totais. Para as amostras com óleo de buriti, a amostra 30B manteve o mesmo comportamento para ambas as análises e com concentrações bem similares. Enquanto que, para a amostra 3B os níveis de tióis totais foram aumentados nas análises *ex vivo*, demonstrando que o sistema antioxidante (baseado nos tióis totais) das moscas foi aumentado quando as

moscas foram alimentadas, *in vivo*, com a amostra de cerveja de baixo teor alcoólico com adição de 3 g/L de Buriti.

A atividade antioxidante da eliminação de radicais (RSA) pela análise de DPPH para as cervejas de baixo teor alcoólico está presente na Figura 21, sendo que a significância foi determinada pela análise de variância unidirecional (ANOVA) seguida do teste de Dunnett. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$ em comparação ao controle.

Figura 20. Efeitos das amostras BTAcontrole, com adição de óleo de açafrão (1) e com adição de óleo de buriti (2) sobre a oxidação do radical do DPPH.



A atividade da eliminação de radicais, na análise de DPPH, foi, significativamente, maior para os tratamentos com óleo de açafrão quando comparada com a BTAcontrole, porém não houve diferença significativa quando para a adição do óleo de buriti.

As amostras 3 e 30 g/L do óleo de cúrcuma demonstraram maiores porcentagens, significativas, de atividade antioxidante de radicais livres na análise de DPPH, chegando a cerca de 60%. Esses resultados podem ser explicados pelo aumento da concentração de CF. Alguns estudos identificaram que a atividade de eliminação de radicais livres é influenciada pela composição fenólica da amostra (MARTINEZ-GOMEZ *et al.*, 2020; MOREIRA *et al.*, 2013). Como exemplo, CHO *et al.* (2018) demonstraram que a atividade de eliminação de radicais DPPH das amostras de cerveja aumentou com a quantidade de fruta

(caqui) adicionada. E que as atividades antioxidantes apresentadas pelas cervejas são causadas pelas atividades sinérgicas de diferentes fenóis que as compõem (MERINAS-AMO *et al.*, 2019).

O poder antioxidante redutor de ferro (FRAP), bem como os resultados da atividade da Remoção de OH• e H₂O₂ para as cervejas de baixo teor alcoólico adicionadas de buriti e açafrão, está presente na tabela 7.

Tabela 7. Poder antioxidante das cervejas de baixo teor alcoólico

Amostras	% de Remoção de OH•	% de remoção de H₂O₂	*FRAP (mmol/L FeSO₄)
Controle (ácido ascórbico)	84,84 ^b ±2,79	-	-
3A	100,70 ^a ±4,80	24,26 ^d ±1,50	16,660 ^d ±0,010
30A	84,87 ^b ±5,49	32,79 ^c ±1,18	22,859 ^b ±0,010
3B	22,83 ^d ±4,86	52,46 ^b ±1,64	21,818 ^c ±0,010
30B	44,75 ^c ±1,28	61,97 ^a ±2,30	34,730 ^a ±0,012

* Médias ± desvios padrões das determinações em triplicata seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey (p > 0,05).

O FRAP avalia a redução do complexo Fe(III) a Fe(II), que ocorre devido à presença de agentes redutores. A amostra 30B (34,730 mmol/L) foi a que teve maior atividade na análise FRAP e também demonstrou a mais alta atividade de remoção de H₂O₂. Além disso, as outras amostras também demonstraram resultados promissores na ação antioxidante, pois apresentaram atividades maiores até em comparação com cervejas alcoólicas que, geralmente, apresentam maiores conteúdo fenólico e atividade antioxidante. TAFULO *et al.* (2010) avaliaram a capacidade antioxidante de 27 cervejas comerciais, sendo cinco delas com zero álcool. Para estas cervejas, a maior atividade antioxidante, utilizando ácido ascórbico como padrão, foi de 155,1 µM (TAFULO *et al.*, 2010). Enquanto que a análise de FRAP de PIAZZON; FORTE; NARDINI (2010) foi de 1525 µmol Fe⁺²/L para cervejas desalcoholizadas.

A amostra 3A (102,70 %) teve maior porcentagem de atividade antioxidante de eliminação de OH• quando comparada às outras. Sabe-se que os flavonoides são capazes de reduzir os radicais livres altamente oxidantes, como H₂O₂ e OH• por doação de átomos de hidrogênio (KUMAR; PANDEY,

2013). Alguns estudos demonstram que o *xanthumol* (1,5 e 3 μ M), composto presente no lúpulo, forneceu evidência direta de sua atividade de eliminação de radicais livres, eliminando a formação de radicais hidroxila ($\text{OH}\cdot$) estimulados pelo colágeno (LEE *et al.*, 2012).

A cerveja BTA/SA, por vezes, tem menores ações antioxidante devido à baixa quantidade de CF. Nesse sentido, alguns autores verificaram que cervejas com álcool tem mais ação antioxidante do que as SA (RIVERO *et al.*, 2005). MERINAS-AMO *et al.* (2015) verificaram que, entre três tipos (*Stout*, SA e *Lager Blond*) de cerveja, a cerveja *Lager Blond* é a mais saudável devido à alta capacidade de proteção contra substâncias oxidativas genotóxicas. Sendo assim, os dados apresentados, por esse estudo, demonstram uma melhora na característica antioxidante do produto, resultando em um produto mais saudável.

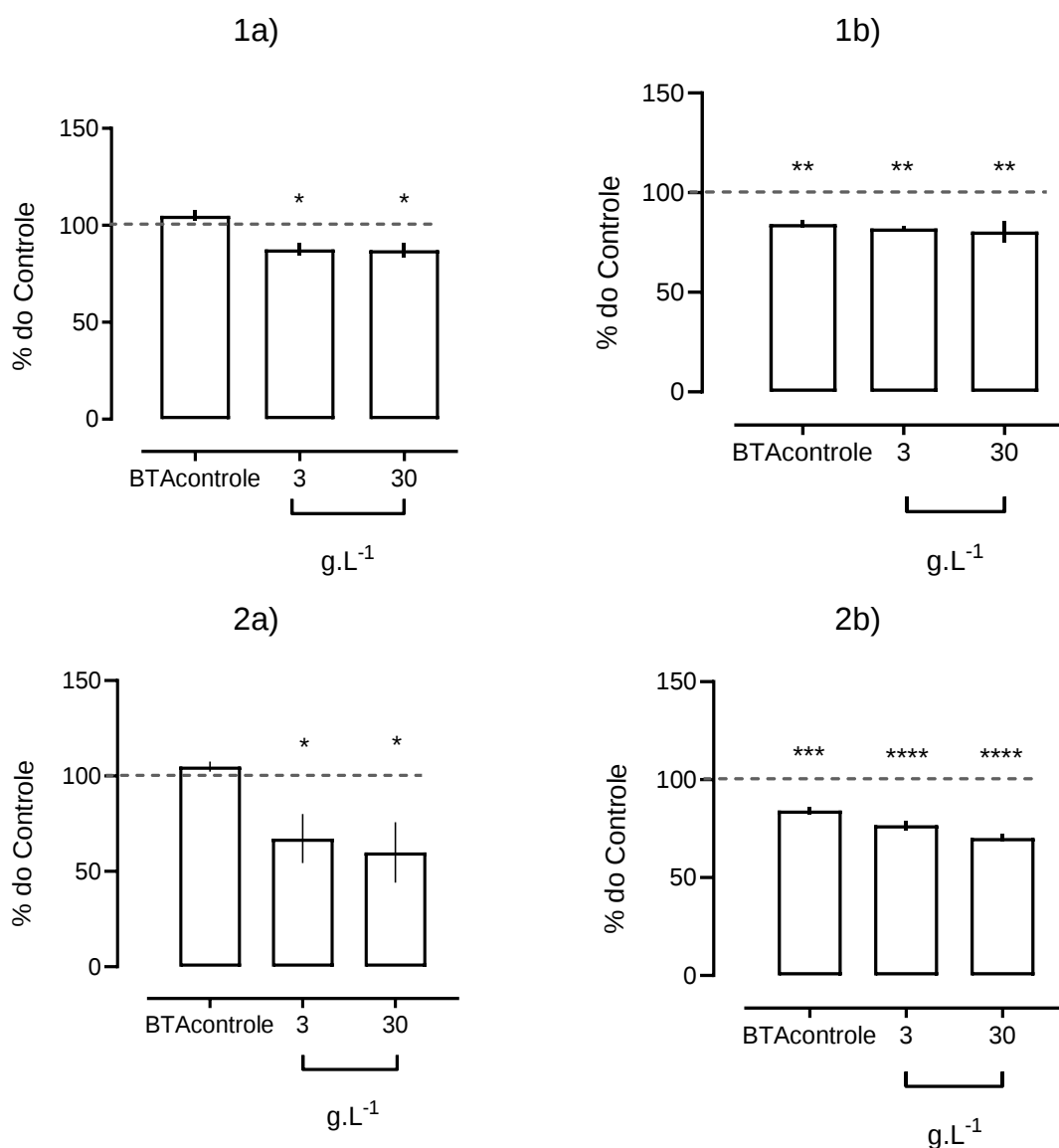
Por fim, sabe-se que a cerveja de baixo teor alcoólico, com adição de óleo de Buriti e Açafrão, produzida e analisada nesse estudo, apresenta uma boa qualidade e atividade antioxidante, particularmente, pelo aumento da concentração de ácidos fenólicos. E, considera-se que compostos fenólicos pode ter influência sobre alguns outros processos benéficos a saúde como a neuroproteção (SILVA DE SÁ *et al.*, 2019).

5.4 Análise de Neurodegeneração

As enzimas colinesterases estão envolvidas em doenças neurodegenerativas, função motora e locomoção, pois são essenciais na transmissão colinérgica dos impulsos. Assim, a sua modulação é de total importância nas análises de neuroproteção.

Os resultados do efeito das cervejas de baixo teor alcoólico *in vitro* sobre as enzimas AChE e BChE estão presentes na figura 22, sendo que a significância determinada pela análise de variância unidirecional (ANOVA) seguida do teste de Dunnett. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$ em comparação ao controle.

Figura 21. Efeitos das cervejas de baixo teor alcoólico BTAcontrole, com adição de óleo de açafrão (1) e com adição de óleo de buriti (2) sobre a atividade *in vitro* das enzimas (a) AChE e (b) BChE.

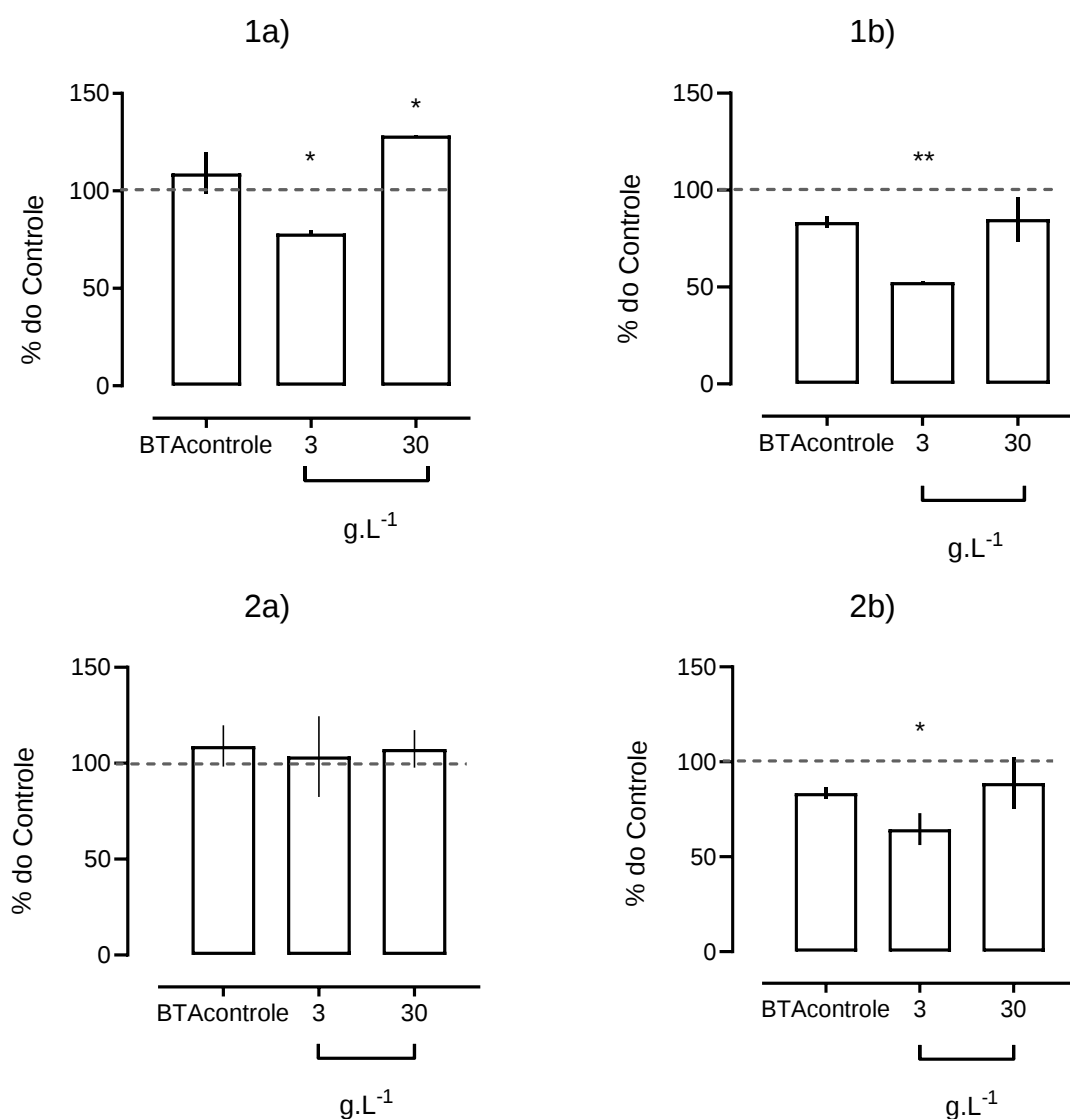


Para as amostras de açafrão, nas análises *in vitro*, observa-se que no gráfico “1a)” as cervejas tiveram significativas modulações sobre a atividade da enzima AChE, enquanto que a amostra BTAcontrole não teve ação significativa sobre a modulação da enzima. O mesmo aconteceu para a análise da enzima BChE (gráfico “1B)”) para as amostras com 3 e 30 g/L de açafrão que inibiram a atividade enzimática, entretanto, para essa enzima, a BTAcontrole também teve modulação nessa enzima. Bem como para as amostras de buriti nas análises das enzimas AChE e BChE, onde as cervejas (gráficos “2a)” e “2b)”) tiveram

modulações, significativas, sobre essas enzimas. Porém, as cervejas com óleo de buriti tiveram maiores ações quando comparadas com a amostra BTAcontrole. Ou seja, a inibição das enzimas colinérgicas após a adição dos óleos essenciais melhorou a ação neuroprotetora das amostras.

Os resultados das cervejas de baixo teor alcoólico *ex vivo* sobre as enzimas AChE e BChE estão presentes na figura 23, sendo que a significância foi determinada pela análise de variância unidirecional (ANOVA) seguida do teste de Dunnett. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$ em comparação ao controle.

Figura 22. Avaliação *ex vivo* da atividade das enzimas (a) AChE e (b) BChE no tecido de DM alimentadas de cervejas de baixo teor alcoólico BTAcontrole, com adição de óleo de açafraão (1) e com adição de óleo de buriti (2).



Para as amostras de açafrão, nas análises *ex vivo*, observa-se um comportamento parecido em relação as enzimas AChE (gráfico “1a”) e BChE (gráfico “1b”), onde as cervejas com 3 g/L tiveram modulações significativas, enquanto que a cerveja BTAcontrole não teve. Porém, para a amostra 30A a enzima AChE apresentou maior atividade enzimática quando comparada às outras amostras.

Para a análise BChE (gráfico “2b”), as amostras com buriti apresentaram o mesmo comportamento que as amostras de açafrão, com modulação significativa para a concentração de 3g/L. Para a análise da enzima AChE (gráfico “1b”) nenhuma das amostras tiveram atividades significativas.

A diferença dos resultados entre as análises *in vitro* e *ex vivo* pode estar envolvida com o complexo sistema biológico do ser vivo, onde as inúmeras hipóteses neuroprotetoras do sistema imunológico estão ocorrendo.

Os principais compostos bioativos presentes nesses óleos (curcumina e beta-caroteno isolados) já demonstraram ter ação sobre essas enzimas. ROCHA et al. (2018) demonstraram que nanopartículas de beta-caroteno (300 e 400 μM) diminuíram a atividade da AChE e SILVA DE SÁ et al. (2019) verificaram que as nanopartículas de curcumina obtidas por dispersão sólida diminuem a atividade da AChE (25 e 50 μM) e, no caso de BChE, a atividade foi diminuída pela dispersão sólida de curcumina a 100 μM . Além disso, MERINO et al. (2018) demonstram, em seu estudo com ratos, os efeitos neuroprotetivos das cervejas sem álcool.

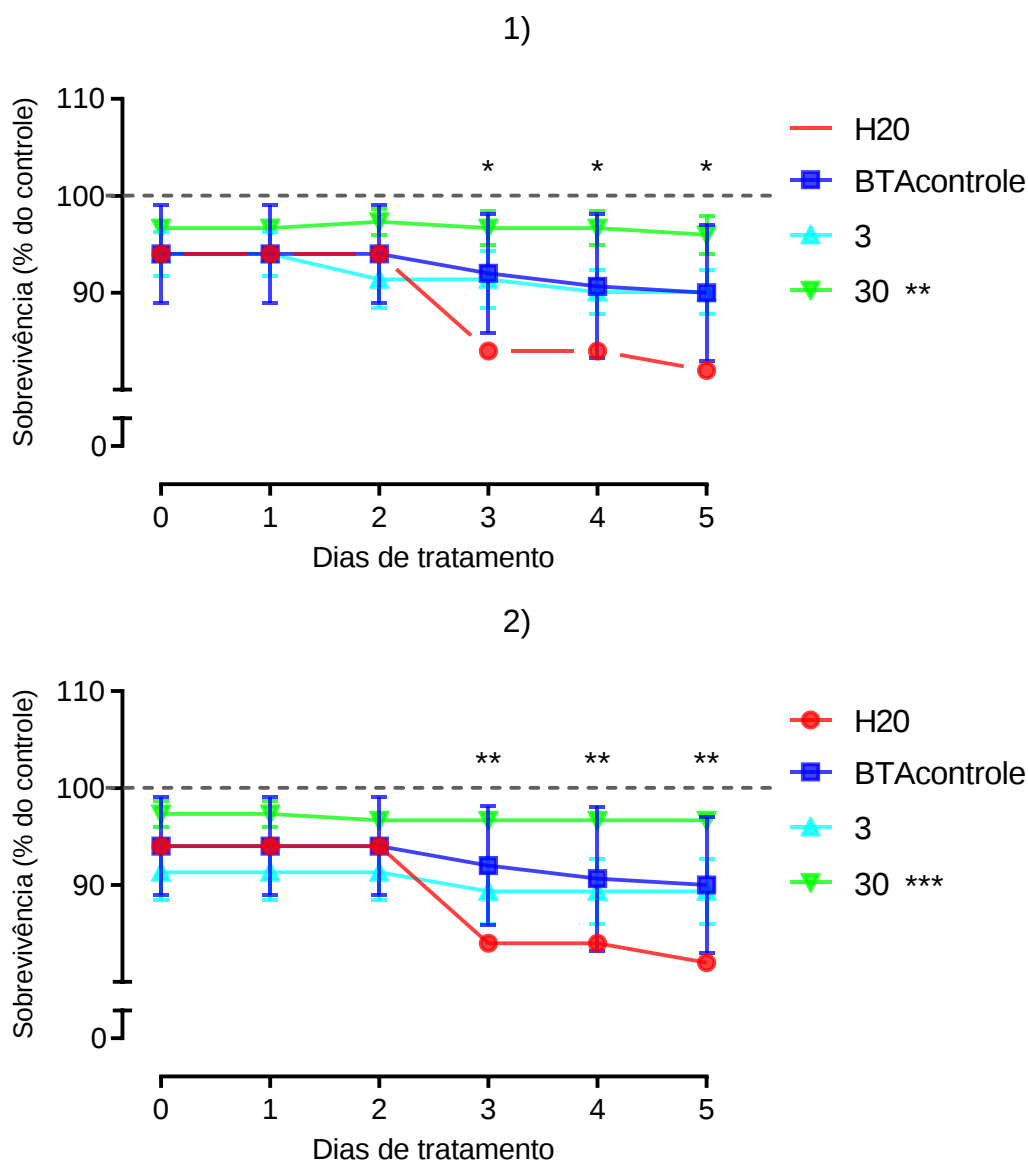
A redução na atividade das ChE sugere efeitos negativos na biossíntese, degradação e/ou inserção da acetilcolina na membrana plasmática. A inibição das ChE aumenta a atividade dos neurônios colinérgicos que sobrevivem em pacientes com sintomas de demência, resultando em melhora da memória e cognição (BERG, JEREMY M.; TYMOCZKO, J.L.;STRYER, 2008; MERINO et al., 2018). Vários estudos também apoiam a ideia de que os CF, presentes nos óleos, podem desempenhar um papel na neuroproteção, especialmente como inibidores da ChE (DOS SANTOS et al., 2019; ROCHA et al., 2018; SILVA DE SÁ et al., 2019). A composição complexa da cerveja e os potenciais efeitos sinérgicos de seus fitoquímicos individuais (por exemplo, flavonóides, saponinas

e taninos) podem ser responsáveis por diferenças nos efeitos inibitórios das BTA, produzidas por esse estudo, *in vitro* (SZWAJGIER, 2013).

5.4.1 Toxicidade

Foi utilizada a mosca DM, como modelo animal, para testes do efeito das amostras sobre o organismo vivo. Os resultados da toxicidade, *in vivo*, das cervejas de baixo teor alcoólico estão na figura 24.

Figura 23. Análise da sobrevivência das moscas DM suplementadas de cervejas de baixo teor alcoólico BTAcontrole, com adição de óleo de açafrão (1) e com adição de óleo de buriti (2).



Observa-se pela figura 24 que as amostras controle (água), com ou sem adição do óleo de açafrão e buriti, não foram estatisticamente tóxicas, pois não houve mortalidade para as moscas. Em contrapartida, a concentração de 30 g/L para ambos os óleos, teve significativamente maior proteção às moscas. Não houve mortalidade considerada 50% da população exposta, com isso, em todas as concentrações testadas não foi possível obter o LD₅₀ dos compostos. Portanto, os resultados demonstram que ambas as formulações são seguras, nessas concentrações, para as *Drosophila melanogaster*.

Na literatura, em ensaios *in vivo*, a cerveja Guinness e alguns compostos fenólicos da cerveja não apresentaram efeitos tóxicos, enquanto que o *isoxanthohumol* foi a única substância que mostrou um resultado positivo significativo para as curvas de tempo de vida para modelos biológicos de DM (MERINAS-AMO *et al.*, 2014), bem como as cervejas com adição dos óleos apresentados por esse estudo. Uma cerveja *blond ale* liofilizada, uma cerveja *stout ale* liofilizada, o tirosol e a iso-alfa humulona também não foram tóxicas e nem genotóxicas (MERINAS-AMO *et al.*, 2021).

Não há muitos estudos sobre os efeitos que as Ale BTA causam na sobrevivência e proteção de DM. Alguns resultados com outros tipos de cervejas (MERINAS-AMO *et al.*, 2013, 2016, 2021) demonstram a não toxicidade das cervejas em geral. Além disso, quanto às matérias-primas, dois tipos de lúpulo (saazer e sladek) mostraram efeitos não tóxicos em DM (MERINAS-AMO *et al.*, 2019). A cerveja e os compostos bioativos podem ter um efeito positivo na qualidade de vida e conferir proteção contra processos degenerativos. Porém, novas investigações são necessárias para saber o que, individualmente, cada composto oferece sobre essa boa atividade.

5.5 Análise Sensorial

Para melhor avaliar os efeitos da adição dos óleos essenciais nas cervejas de baixo teor alcoólico foi aplicado um teste sensorial de aceitação em consumidores de cerveja. Baseando-se que as cervejas de baixo teor alcoólico apresentam maior concentração de açúcares residuais, e que esse excesso é um problema das cervejas de baixo teor alcoólico (A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production BRÁNYIK *et al.*, 2012a), foram avaliados

o quanto a doçura e o sabor de malte estavam ideais para os consumidores (Anexo – D.1 – Figuras 27, 28 e 29).

Os resultados das avaliações dos consumidores para os atributos cor, aroma, corpo, sabor e aceitação global sobre as amostras de cerveja de baixo teor alcoólico controle, açafração (3 e 30 g/L) e buriti (3 e 30 g/L) estão na tabela 8.

Tabela 8. Resultados da análise sensorial das amostras controle, açafração e buriti

ATRIBUTOS	AMOSTRAS				
	BTAcontrole	3A	30A	3B	30B
Cor	7,16 ^a ±1,59	6,86 ^{ab} ±1,87	6,99 ^{ab} ±1,77	6,74 ^{ab} ±1,81	6,63 ^b ±1,74
Corpo	6,66 ^a ±1,62	6,54 ^a ±1,74	6,37 ^a ±1,81	6,21 ^a ±1,88	6,29 ^a ±1,80
Aroma	6,88 ^a ±1,58	6,53 ^a ±1,60	6,87 ^a ±1,50	5,73 ^b ±1,90	6,65 ^a ±1,55
Sabor	5,93 ^b ±2,27	5,79 ^b ±2,14	6,71 ^a ±1,81	5,08 ^c ±2,20	5,84 ^b ±1,93
Aceitação Global	6,35 ^a ±1,91	6,08 ^a ±1,92	6,61 ^a ±1,59	5,46 ^b ±1,97	6,21 ^a ±1,69

*Letras diferentes na mesma linha indica diferença significativa (p < 0,05)

Em relação ao atributo cor, as médias mantiveram-se acima de 6 (gostei levemente), havendo diferença significativa apenas para amostra buriti 30g/L, em relação amostra BTAcontrole. Esses resultados podem ser justificados pela coloração mais avermelhada obtida pela maior concentração do óleo, junto com a alta turbidez da amostra (Anexos – B.1- Figura 25 e C.1 – Figura 26), fato que pode ocorrer devido a altas concentrações de certos CF (ARON; SHELLHAMMER, 2010; GUIDO *et al.*, 2007; OLADOKUN *et al.*, 2016; ZAPATA *et al.*, 2019).

As médias para corpo se mantiveram acima de 6, não havendo diferença significativa entre amostras. Esses dados estão de acordo com a literatura, onde cervejas *pale ale* sem álcool obtiveram notas acima de 6 para sensação de boca (MOSS *et al.*, 2022).

No aroma, as médias também se mantiveram a cerca de 6, sendo que a amostra buriti 3g/L obteve nota significativamente menor que as outras. Sabe-se que o buriti tem um aroma característico e é utilizado em sucos e outras bebidas, ao mesmo tempo o açafração é utilizado largamente na culinária (GOEL

et al., 2008; RESENDE et al., 2019). Logo, os aromas, tanto da cerveja quanto dos ingredientes adicionados, são apreciados pelos consumidores.

Para sabor, destaca-se, positivamente, a amostra de açafrão 30 g/L que obteve, significativamente, a maior nota entre as amostras, cerca de 7 (gostei moderadamente), seguida das amostras controle, açafrão 3g/L e buriti 30g/L que, tiveram notas iguais, e depois a amostra buriti 3g/L, com média menor, mas acima de 5 (nem gostei, nem desgostei).

Para aceitação global, as médias das notas das amostras controle, 3 e 30 g/L açafrão e 30 g/L buriti também se mantiveram acima de 6, diferindo, significativamente, da amostra 3g/L buriti que também se manteve acima de 5.

Observando os dados da literatura, quanto o atributo sabor, é possível ressaltar que as cervejas de baixo teor alcoólico, obtidas por esse estudo, tem resultados promissores e, principalmente, a amostra de açafrão 30A, onde MOSS; BARKER; MCSWEENEY (2022) avaliaram os resultados da aceitação do consumidor para cervejas do estilo *lager*, *pale ale* e Stout alcoólicas e sem álcool, e todas as amostras não alcoólicas tiveram notas próximas a 5 para sabor. Concomitantemente, as notas de sabor para as cervejas alcoólicas foram similares a nota obtida pela amostra açafrão 30g/L de baixo teor alcoólico, evidenciando a boa aceitação dos consumidores por essa amostra. O mesmo aconteceu para a aceitação global onde as notas das cervejas sem álcool ficaram abaixo de 6.

Por fim, sabe-se que a adição de ingredientes, como alimentos em geral, pode melhorar as qualidades sensoriais da cerveja, como em DUCRUET et al. (2017), com adição de bagas de goji, e em ZAPATA et al. (2019), com adição de marmelo, que concluíram que adicionar marmelos à cerveja pode melhorar as características sensoriais do produto final. Contudo, os resultados, do presente estudo, demonstraram que a concentração do ingrediente adicionado é de grande importância e pode influenciar de forma desordenada nos atributos sensoriais da cerveja, sendo necessários estudos para avaliar a melhor concentração a ser adicionado no produto.

Para a maioria dos consumidores foi avaliado que “provavelmente compraria” as amostras controle (29 consumidores), açafrão 3g/L (35 consumidores) e açafrão 30 g/L (34 consumidores), enquanto que “teria dúvidas

se compraria” a amostra de Buriti 30g/L (35 consumidores) e “provavelmente não compraria” a amostra de buriti 3g/L (27 consumidores).

Quanto a avaliação da doçura ideal, para todas as amostras a maioria dos consumidores avaliaram que as amostras estão com a doçura ideal.

Para a avaliação do sabor de malte, a frequência de notas “sabor de malte ideal” foi maior para a maioria das amostras analisadas, apenas a amostras buriti 3g/L (24 avaliações) a frequência de nota “ligeiramente mais sabor de malte do que o ideal” foi maior.

6 CONCLUSÕES

A utilização de 78°C por 15 minutos na mosturação e 3 dias de fermentação foi adequada para a produção de cerveja de baixo teor alcoólico, por apresentar menores níveis de açúcares fermentescíveis e teor alcoólico dentro da legislação.

Foram obtidas cervejas de baixo teor alcoólico com boas dissoluções de óleos de açafrão-da-terra e buriti, sendo adicionados no final do processo de fervura.

A adição do óleo de buriti e a adição do óleo de açafrão aumentaram, significativamente, o conteúdo fenólico da cerveja de baixo teor alcoólico, produzindo, assim, cerveja bioativas com boa qualidade e atividade antioxidante e ação neuroprotetora.

As cervejas de baixo teor alcoólico tiveram boa aceitação entre os consumidores e a utilização de óleo de açafrão-da-terra pode melhorar o sabor da cerveja de baixo teor alcoólico mesmo em baixas quantidades. Enquanto que, para o buriti, a adição de alta concentração pode ser mais positiva do que a baixa.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, R.; GOEL, S. K.; BEHARI, J. R. Detoxification and antioxidant effects of curcumin in rats experimentally exposed to mercury. **Journal of Applied Toxicology**, [s. l.], v. 30, n. 5, p. n/a-n/a, 2010. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/jat.1517>.
- AICHINGER, G.; BEISL, J.; MARKO, D. The Hop Polyphenols Xanthohumol and 8-Prenyl-Naringenin Antagonize the Estrogenic Effects of Fusarium Mycotoxins in Human Endometrial Cancer Cells. **Frontiers in Nutrition**, [s. l.], v. 5, n. September, p. 1–11, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnut.2018.00085/full>.
- AKINYEMI, A. J.; OBOH, G.; OGUNSUYI, O.; ABOLAJI, A. O.; UDOFIA, A. Curcumin-supplemented diets improve antioxidant enzymes and alter acetylcholinesterase genes expression level in *Drosophila melanogaster* model. **Metabolic Brain Disease**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 369–375, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11011-017-0100-7>.
- ALMENDINGER, M.; ROHN, S.; PLEISSNER, D. Malt and beer-related by-products as potential antioxidant skin-lightening agents for cosmetics. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, [s. l.], v. 17, n. March, p. 100282, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100282>.
- AMALRAJ, A.; PIUS, A.; GOPI, Sreeraj; GOPI, Sreeraj. Biological activities of curcuminoids, other biomolecules from turmeric and their derivatives – A review. **Journal of Traditional and Complementary Medicine**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 205–233, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.05.005>.
- ANDERSSON, A.; HULTBERG, B.; LINDGREN, A. Redox status of plasma homocysteine and other plasma thiols in stroke patients. **Atherosclerosis**, [s. l.], v. 151, n. 2, p. 535–539, 2000.
- ANDRÉS-IGLESIAS, C.; BLANCO, C. A.; BLANCO, J.; MONTERO, O. Mass spectrometry-based metabolomics approach to determine differential metabolites between regular and non-alcohol beers. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 157, p. 205–212, 2014. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814614001678>.
- AOAC. **Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists**. 19th Edited. Washington DC: [s. n.], 2012. 2012.
- ARON, P. M.; SHELLHAMMER, T. H. A Discussion of Polyphenols in Beer Physical and Flavour Stability. **Journal of the Institute of Brewing**, [s. l.], v. 116, n. 4, p. 369–380, 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00788.x>.
- ARRIETA, Á. A.; RODRÍGUEZ-MÉNDEZ, M. L.; DE SAJA, J. A.; BLANCO, C. A.; NIMUBONA, D. Prediction of bitterness and alcoholic strength in beer using an electronic tongue. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 123, n. 3, p. 642–646, 2010. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814610005662>.
- ASSOCIATION, B. Non-alcohol Beer: A Review and Key Considerations. [s. l.],

p. 1–5, 2022.

BAGNARDI, V.; ROTA, M.; BOTTERI, E.; TRAMACERE, I.; ISLAMI, F.; FEDIRKO, V.; SCOTTI, L.; JENAB, M.; TURATI, F.; PASQUALI, E.; PELUCCHI, C.; BELLOCCO, R.; NEGRI, E.; CORRAO, G.; REHM, J.; BOFFETTA, P.; LA VECCHIA, C. Light alcohol drinking and cancer: A meta-analysis. **Annals of Oncology**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 301–308, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/annonc/mds337>.

BAGNARDI, V.; ZATONSKI, W.; SCOTTI, L.; LA VECCHIA, C.; CORRAO, G. Does drinking pattern modify the effect of alcohol on the risk of coronary heart disease? Evidence from a meta-analysis. **Journal of Epidemiology & Community Health**, [s. l.], v. 62, n. 7, p. 615–619, 2008. Disponível em: <https://jech.bmj.com/lookup/doi/10.1136/jech.2007.065607>.

BAMFORTH, C. W. Beer and health. In: BEER. [S. l.]: Elsevier, 2009. p. 229–253. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-669201-3.00008-7>.

BARBA, F. J.; MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N.; MERCADANTE, A. Z.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; ORLIEN, V. Bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables after thermal and nonthermal processing. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 67, p. 195–206, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.006>.

BASNET, P.; SKALKO-BASNET, N. Curcumin: An Anti-Inflammatory Molecule from a Curry Spice on the Path to Cancer Treatment. **Molecules**, [s. l.], v. 16, n. 6, p. 4567–4598, 2011. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1420-3049/16/6/4567>.

BATAGLION, G. A.; DA SILVA, F. M. A.; SANTOS, J. M.; BARCIA, M. T.; GODOY, H. T.; EBERLINA, M. N.; KOOLEN, H. H. F. Integrative approach using GC-MS and easy ambient sonic-spray ionization mass spectrometry (EASI-MS) for comprehensive lipid characterization of buriti (*Mauritia flexuosa*) oil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 171–177, 2015.

BATAGLION, G. A.; FELIPE, M. A.; EBERLIN, M. N.; KOOLEN, H. H. F. Simultaneous quantification of phenolic compounds in buriti fruit (*Mauritia flexuosa* L. f.) by ultra-high performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. **FRIN**, [s. l.], v. 66, p. 396–400, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.035>.

BELLUT, K.; ARENDT, E. K. Chance and Challenge: Non- *Saccharomyces* Yeasts in Nonalcoholic and Low Alcohol Beer Brewing – A Review. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [s. l.], v. 77, n. 2, p. 77–91, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1569452>.

BELLUT, K.; MICHEL, M.; HUTZLER, M.; ZARNKOW, M.; JACOB, F.; DE SCHUTTER, D. P.; DAENEN, L.; LYNCH, K. M.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. K. Investigation into the Potential of *Lachancea fermentati* Strain KBI 12.1 for Low Alcohol Beer Brewing. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [s. l.], v. 77, n. 3, p. 157–169, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1629227>.

BELLUT, K.; MICHEL, M.; ZARNKOW, M.; HUTZLER, M.; JACOB, F.; DE

SCHUTTER, D.; DAENEN, L.; LYNCH, K.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. Application of Non-Saccharomyces Yeasts Isolated from Kombucha in the Production of Alcohol-Free Beer. **Fermentation**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 66, 2018. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2311-5637/4/3/66>.

BELSCAK-CVITANOVIC, A.; NEDOVIC, V.; SALEVIC, A.; DESPOTOVIC, S.; KOMES, D.; NIKSIC, M.; BUGARSKI, B.; LESKOSEK-CUKALOVIC, I. Modification of functional quality of beer by using microencapsulated green tea (*Camellia sinensis* L.) and *Ganoderma* mushroom (*Ganoderma lucidum* L.) bioactive compounds. **Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly**, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 457–471, 2017. Disponível em: <http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=1451-93721600060B>.

BENDSEN, N. T.; CHRISTENSEN, R.; BARTELS, E. M.; KOK, F. J.; SIERKSMA, A.; RABEN, A.; ASTRUP, A. Is beer consumption related to measures of abdominal and general obesity? A systematic review and meta-analysis. **Nutrition Reviews**, [s. l.], v. 71, n. 2, p. 67–87, 2013. Disponível em: <https://academic.oup.com/nutritionreviews/article-lookup/doi/10.1111/j.1753-4887.2012.00548.x>.

BERG, JEREMY M.; TYMOCZKO, J.L.; STRYER, L. **Bioquímica**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 2008.

BETTENHAUSEN, H. M.; BARR, L.; BROECKLING, C. D.; CHAPARRO, J. M.; HOLBROOK, C.; SEDIN, D.; HEUBERGER, A. L. Influence of malt source on beer chemistry, flavor, and flavor stability. **Food Research International**, [s. l.], v. 113, n. March, p. 487–504, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.024>.

BJCP. Guia De Estilos De Cervejas. **Bjcp**, [s. l.], p. 49, 2016.

BLANCO, C. A.; ANDRÉS-IGLESIAS, C.; MONTERO, O. Low-alcohol Beers: Flavor Compounds, Defects, and Improvement Strategies. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 56, n. 8, p. 1379–1388, 2016. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2012.733979>.

BORTOLI, P. M.; ALVES, C.; COSTA, E.; VANIN, A. P.; SOFIATTI, J. R.; SIQUEIRA, D. P.; DALLAGO, R. M.; TREICHEL, H.; VARGAS, G. D. L. P.; KAIZER, R. R. *Ilex paraguariensis*: Potential antioxidant on aluminium toxicity, in an experimental model of Alzheimer's disease. **Journal of Inorganic Biochemistry**, [s. l.], v. 181, n. June 2017, p. 104–110, 2018.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.

BRÁNYIK, T.; SILVA, D. P.; BASZCZYŃSKI, M.; LEHNERT, R.; ALMEIDA E SILVA, J. B. A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 108, n. 4, p. 493–506, 2012a.

BRÁNYIK, T.; SILVA, D. P.; BASZCZYŃSKI, M.; LEHNERT, R.; ALMEIDA E SILVA, J. B. A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 108, n. 4, p. 493–506, 2012b. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877411005140>.

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 65, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2019. Brasil: 2019.

BRIEN, S. E.; RONKSLEY, P. E.; TURNER, B. J.; MUKAMAL, K. J.; GHALI, W. A. Effect of alcohol consumption on biological markers associated with risk of coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of interventional studies. **BMJ**, [s. l.], v. 342, n. feb22 1, p. d636–d636, 2011. Disponível em: <https://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.d636>.

BROOKS, P. J.; ZAKHARI, S. Acetaldehyde and the genome: Beyond nuclear DNA adducts and carcinogenesis. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, [s. l.], v. 55, n. 2, p. 77–91, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/em.20575>.

CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L . f .) from the Cerrado and Amazon biomes. [s. l.], v. 177, p. 313–319, 2015.

CARVALHO, D.; CURTO, A.; GUIDO, L. Determination of Phenolic Content in Different Barley Varieties and Corresponding Malts by Liquid Chromatography-diode Array Detection-Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry. **Antioxidants**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 563–576, 2015. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2076-3921/4/3/563>.

CATARINO, M.; MENDES, A. Non-alcoholic beer—A new industrial process. **Separation and Purification Technology**, [s. l.], v. 79, n. 3, p. 342–351, 2011. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1383586611001705>.

CHANDRAN, B.; GOEL, A. A Randomized, Pilot Study to Assess the Efficacy and Safety of Curcumin in Patients with Active Rheumatoid Arthritis. **Phytotherapy Research**, [s. l.], v. 26, n. 11, p. 1719–1725, 2012. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/ptr.4639>.

CHEN, L.; ZHAO, Q.; JIN, H.; ZHANG, X.; XU, Y.; YU, A.; ZHANG, H.; DING, L. Determination of xanthohumol in beer based on cloud point extraction coupled with high performance liquid chromatography. **Talanta**, [s. l.], v. 81, n. 1–2, p. 692–697, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2010.01.004>.

CHIVA-BLANCH, G.; MAGRANER, E.; CONDINES, X.; VALDERAS-MARTÍNEZ, P.; ROTH, I.; ARRANZ, S.; CASAS, R.; NAVARRO, M.; HERVAS, A.; SISÓ, A.; MARTÍNEZ-HUÉLAMO, M.; VALLVERDÚ-QUERALT, A.; QUIFER-RADA, P.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M.; ESTRUCH, R. Effects of alcohol and polyphenols from beer on atherosclerotic biomarkers in high cardiovascular risk men: A randomized feeding trial. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 36–45, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.numecd.2014.07.008>.

CHO, J.-H.; KIM, I.-D.; DHUNGANA, S. K.; DO, H.-M.; SHIN, D.-H. Persimmon fruit enhanced quality characteristics and antioxidant potential of beer. **Food Science and Biotechnology**, [s. l.], v. 27, n. 4, p. 1067–1073, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0340-2>.

CORDEIRO, L. M. C.; DE ALMEIDA, C. P.; IACOMINI, M. Unusual linear polysaccharides: (1→5)-α-L-Arabinan, (1→3)-(1→4)-α-D-glucan and (1→4)-β-D-

xylan from pulp of buriti (*Mauritia flexuosa*), an edible palm fruit from the Amazon region. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 173, p. 141–146, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.020>.

CORTACERO-RAMÍREZ, S.; HERNÁNDEZ-BERMÚDEZ, M.; SEGURA-CARRETERO, A.; CRUCES-BLANCO, C.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A. Analysis of beer components by capillary electrophoretic methods. **TrAC - Trends in Analytical Chemistry**, [s. l.], v. 22, n. 7, p. 440–455, 2003.

CORTESE, M.; GIGLIOBIANCO, M. R.; PEREGRINA, D. V.; SAGRATINI, G.; CENSI, R.; DI MARTINO, P. Quantification of phenolic compounds in different types of craft beers, worts, starting and spent ingredients by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, [s. l.], v. 1612, p. 460622, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460622>.

COSTA, R.; RODRIGUES, I.; GUARDÃO, L.; ROCHA-RODRIGUES, S.; SILVA, C.; MAGALHÃES, J.; FERREIRA-DE-ALMEIDA, M.; NEGRÃO, R.; SOARES, R. Xanthohumol and 8-prenylnaringenin ameliorate diabetic-related metabolic dysfunctions in mice. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, [s. l.], v. 45, p. 39–47, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnutbio.2017.03.006>.

COSTANZO, S.; DI CASTELNUOVO, A.; DONATI, M. B.; IACOVIELLO, L.; DE GAETANO, G. Wine, beer or spirit drinking in relation to fatal and non-fatal cardiovascular events: a meta-analysis. **European Journal of Epidemiology**, [s. l.], v. 26, n. 11, p. 833–850, 2011. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10654-011-9631-0>.

CROWE, F. L.; RODDAM, A. W.; KEY, T. J.; APPLEBY, P. N.; OVERVAD, K.; JAKOBSEN, M. U.; TJØNNELAND, A.; HANSEN, L.; BOEING, H.; WEIKERT, C.; LINSEISEN, J.; KAAKS, R.; TRICHOPOULOU, A.; MISIRLI, G.; LAGIOU, P.; SACERDOTE, C.; PALA, V.; PALLI, D.; TUMINO, R.; PANICO, S.; BUENO-DE-MESQUITA, H. B.; BOER, J.; VAN GILS, C. H.; BEULENS, J. W. J.; BARRICARTE, A.; RODRÍGUEZ, L.; LARRAÑAGA, N.; SÁNCHEZ, M. J.; TORMO, M. J.; BUCKLAND, G.; LUND, E.; HEDBLAD, B.; MELANDER, O.; JANSSON, J. H.; WENNERBERG, P.; WAREHAM, N. J.; SLIMANI, N.; ROMIEU, I.; JENAB, M.; DANESH, J.; GALLO, V.; NORAT, T.; RIBOLI, E. Fruit and vegetable intake and mortality from ischaemic heart disease: Results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Heart study. **European Heart Journal**, [s. l.], v. 32, n. 10, p. 1235–1243, 2011.

DABINA-BICKA, I.; KARKLINA, D.; KRUMA, Z. Polyphenols and vitamin e as potential antioxidants in barley and malt. **6th Baltic Conference on Food Science and Technology: Innovations for Food Science and Production, FOODBALT-2011 - Conference Proceedings**, [s. l.], p. 121–126, 2011.

DE FRANCESCO, G.; TURCHETTI, B.; SILEONI, V.; MARCONI, O.; PERRETTI, G. Screening of new strains of *Saccharomyces ludwigii* and *Zygosaccharomyces rouxii* to produce low-alcohol beer. **Journal of the Institute of Brewing**, [s. l.], v. 121, n. 1, p. 113–121, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jib.185>.

DE GAETANO, G.; COSTANZO, S.; DI CASTELNUOVO, A.; BADIMON, L.;

BEJKO, D.; ALKERWI, A.; CHIVA-BLANCH, G.; ESTRUCH, R.; LA VECCHIA, C.; PANICO, S.; POUNIS, G.; SOFI, F.; STRANGES, S.; TREVISAN, M.; URSINI, F.; CERLETTI, C.; DONATI, M. B.; IACOVIELLO, L. Effects of moderate beer consumption on health and disease: A consensus document. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, [s. l.], v. 26, n. 6, p. 443–467, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0939475316300047>.

DE MENEZES, R. F.; BERGMANN, A.; THULER, L. C. S. Alcohol Consumption and Risk of Cancer: a Systematic Literature Review. **Asian Pacific Journal of Cancer Prevention**, [s. l.], v. 14, n. 9, p. 4965–4972, 2013. Disponível em: <http://koreascience.or.kr/journal/view.jsp?kj=POCPA9&py=2013&vnc=v14n9&sp=4965>.

DEL RIO, D.; RODRIGUEZ-MATEOS, A.; SPENCER, J. P. E.; TOGNOLINI, M.; BORGES, G.; CROZIER, A. Dietary (Poly)phenolics in Human Health: Structures, Bioavailability, and Evidence of Protective Effects Against Chronic Diseases. **Antioxidants & Redox Signaling**, [s. l.], v. 18, n. 14, p. 1818–1892, 2013. Disponível em: <http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ars.2012.4581>.

DI CASTELNUOVO, A.; COSTANZO, S.; DI GIUSEPPE, R.; DE GAETANO, G.; IACOVIELLO, L. Alcohol consumption and cardiovascular risk: Mechanisms of action and epidemiologic perspectives. **Future Cardiology**, [s. l.], v. 5, n. 5, p. 467–477, 2009.

DJORDJEVIC, S.; POPOVIC, D.; DESPOTOVIC, S.; VELJOVIC, M.; ATANACKOVIC, M.; CVEJIC, J.; NEDOVIC, V.; LESKOSEK-CUKALOVIC, I. Extracts of medicinal plants as functional beer additives. **Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 301–308, 2016. Disponível em: <http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=1451-93721500044D>.

DORN, C.; KRAUS, B.; MOTYL, M.; WEISS, T. S.; GEHRIG, M.; SCHÖLMERICH, J.; HEILMANN, J.; HELLERBRAND, C. Xanthohumol, a chalcon derived from hops, inhibits hepatic inflammation and fibrosis. **Molecular Nutrition & Food Research**, [s. l.], v. 54, n. S2, p. S205–S213, 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mnfr.200900314>.

DORN, C.; MASSINGER, S.; WUZIK, A.; HEILMANN, J.; HELLERBRAND, C. Xanthohumol suppresses inflammatory response to warm ischemia–reperfusion induced liver injury. **Experimental and Molecular Pathology**, [s. l.], v. 94, n. 1, p. 10–16, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.yexmp.2012.05.003>.

DOS SANTOS, P. D. F.; FRANCISCO, C. R. L.; COQUEIRO, A.; LEIMANN, F. V.; PINELA, J.; CALHELHA, R. C.; PORTO INEU, R.; FERREIRA, I. C. F. R.; BONA, E.; GONÇALVES, O. H. The nanoencapsulation of curcuminoids extracted from: *Curcuma longa* L. and an evaluation of their cytotoxic, enzymatic, antioxidant and anti-inflammatory activities. **Food and Function**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 573–582, 2019.

DUCRUET, J.; RÉBÉNAQUE, P.; DISERENS, S.; KOSIŃSKA-CAGNAZZO, A.; HÉRITIER, I.; ANDLAUER, W. Amber ale beer enriched with goji berries – The effect on bioactive compound content and sensorial properties. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 226, p. 109–118, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030881461730047X>.

ELLMAN, G. L. Tissue sulfhydryl groups. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, [s. l.], v. 82, n. 1, p. 70–77, 1959. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0003986159900906>.

EVELLIN, F.; PERPÈTE, P.; COLLIN, S. Yeast ADHI Disruption: A Way to Promote Carbonyl Compounds Reduction in Alcohol-Free Beer Production. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [s. l.], v. 57, n. 3, p. 109–113, 1999. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1094/ASBCJ-57-0109>.

FERNANDES, C. E. F.; KUHN, F.; SCAPINELLO, J.; LAZAROTTO, M.; BOHN, A.; BOLIGON, A. A.; ATHAYDE, M. L.; ZANATTA, M. S.; ZANATTA, L.; DAL MAGRO, J.; OLIVEIRA, J. V. Phytochemical profile, antioxidant and hypolipemiant potential of Ilex paraguariensis fruit extracts. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 81, p. 139–146, 2016.

FERNÁNDEZ-SOLÀ, J. Cardiovascular risks and benefits of moderate and heavy alcohol consumption. **Nature Reviews Cardiology**, [s. l.], v. 12, n. 10, p. 576–587, 2015. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/nrcardio.2015.91>.

FORMIGONI, M.; MILANI, P. G.; ZORZENON, M. R.; DA SILVA AVÍNCOLA, A.; DACOME, A. S.; PILAU, E. J.; DA COSTA, S. C. Characterization of the permeate fraction from nanofiltration step in purification process of stevia sweeteners by UHPLC-MS/MS-QToF. **Chemical Engineering Transactions**, [s. l.], v. 75, n. March, p. 523–528, 2019.

FUSCO, D. O. De; MADALENO, L. L.; LUIZ, V.; BIANCHI, D.; BERNARDO, S.; ASSIS, R. R.; HENRIQUE, G.; TEIXEIRA, D. A. Original article Development of low-alcohol isotonic beer by interrupted fermentation. [s. l.], p. 1–9, 2019.

GASIŃSKI, A.; KAWA-RYGIELSKA, J.; SZUMNY, A.; GAŚIOR, J.; GŁOWACKI, A. Assessment of Volatiles and Polyphenol Content, Physicochemical Parameters and Antioxidant Activity in Beers with Dotted Hawthorn (*Crataegus punctata*). **Foods**, [s. l.], v. 9, n. 6, p. 775, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/6/775>.

GERHAUSER, C.; ALT, A.; HEISS, E.; GAMAL-ELDEEN, A.; KLIMO, K.; KNAUFT, J.; NEUMANN, I.; SCHERF, H.-R.; FRANK, N.; BARTSCH, H.; BECKER, H. Cancer chemopreventive activity of Xanthohumol, a natural product derived from hop. **Molecular cancer therapeutics**, [s. l.], v. 1, n. 11, p. 959–69, 2002. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12481418>.

GOEL, A.; KUNNUMAKKARA, A. B.; AGGARWAL, B. B. Curcumin as “Curecumin”: From kitchen to clinic. **Biochemical Pharmacology**, [s. l.], v. 75, n. 4, p. 787–809, 2008. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006295207005758>.

GOVINDARAJAN, V. S.; CONNELL, D. W. Ginger — chemistry, technology, and quality evaluation: Part 2. **C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 189–258, 2009.

GRAF, B. A.; MILBURY, P. E.; BLUMBERG, J. B. Flavonols, Flavones, Flavanones, and Human Health: Epidemiological Evidence. **Journal of Medicinal Food**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 281–290, 2005. Disponível em:

<http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/jmf.2005.8.281>.

GROSSO, G.; MICEK, A.; GODOS, J.; PAJAK, A.; SCIACCA, S.; GALVANO, F.; GIOVANNUCCI, E. L. Dietary Flavonoid and Lignan Intake and Mortality in Prospective Cohort Studies: Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis. **American Journal of Epidemiology**, [s. l.], v. 185, n. 12, p. 1304–1316, 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/aje/article/185/12/1304/3793084>.

GUGLIELMOTTI, M.; PASSAGHE, P.; BUIATTI, S. Use of olive (*Olea europaea* L .) leaves as beer ingredient, and their influence on beer chemical composition and antioxidant activity. **Journal of Food Science**, [s. l.], v. 85, n. 8, p. 2278–2285, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.15318>.

GUIDO, L. F.; CURTO, A. F.; BOIVIN, P.; BENISMAIL, N.; GONÇALVES, C. R.; BARROS, A. A. Correlation of Malt Quality Parameters and Beer Flavor Stability: Multivariate Analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 55, n. 3, p. 728–733, 2007. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0623079>.

HABIG, W. H.; PABST, M. J.; JAKOBY, W. B. Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. **The Journal of biological chemistry**, [s. l.], v. 249, n. 22, p. 7130–9, 1974. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4436300>.

HAMPSON, T.; HIERONYMUS, S.; KOPP, S.; TIERNEY-JONES, A. **World Beer: outstanding classic and craft beers from the greatest breweries**. [S. l.: s. n.], 2013. 2013. Disponível em: <https://books.google.be/books?id=1zkCBQAAQBAJ&pg=PA74&lpg=PA74&dq=regular+bier+pils&source=bl&ots=47J4FTVGzh&sig=ACfU3U2DTYX7b6IXqPZQd8pw9Pu5v9TM4A&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjU5IL6gOboAhUNKuwKHUryAUIQ6AEwEHoECBIQMw#v=onepage&q&f=false>.

HEYMANN, H.; GOLDBERG, J. R.; WALLIN, C. E.; BAMFORTH, C. W. A “Beer” Made from a Bland Alcohol Base. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [s. l.], v. 68, n. 2, p. 75–76, 2010. Disponível em: <http://www.mbaa.com/publications/tq/tqPastIssues/2009/Abstracts/TQ-46-1-0316-01.htm>.

HIRATA, H.; TAKAZUMI, K.; SEGAWA, S.; OKADA, Y.; KOBAYASHI, N.; SHIGYO, T.; CHIBA, H. Xanthohumol, a prenylated chalcone from *Humulus lupulus* L., inhibits cholesteryl ester transfer protein. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 134, n. 3, p. 1432–1437, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.043>.

HOFF, S.; DAMGAARD, J.; PETERSEN, M. A.; JESPERSEN, B. M.; ANDERSEN, M. L.; LUND, M. N. Influence of Barley Varieties on Wort Quality and Performance. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 61, n. 8, p. 1968–1976, 2013. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf304932v>.

HORÁK, T.; ČULÍK, J.; KELLNER, V.; JURKOVÁ, M.; ČEJKA, P.; HAŠKOVÁ, D.; DVOŘÁK, J. Analysis of Selected Esters in Beer: Comparison of Solid-Phase

Microextraction and Stir Bar Sorptive Extraction. **Journal of the Institute of Brewing**, [s. l.], v. 116, n. 1, p. 81–85, 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00402.x>.

INUI, T.; TSUCHIYA, F.; ISHIMARU, M.; OKA, K.; KOMURA, H. Different Beers with Different Hops. Relevant Compounds for Their Aroma Characteristics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 61, n. 20, p. 4758–4764, 2013. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf3053737>.

JECFA. **Compendium Of Food Additive Specifications**. 2006. [s. l.], 2006.

JIANG, Y.; GAO, H.; TURDU, G. Traditional Chinese medicinal herbs as potential AChE inhibitors for anti-Alzheimer's disease: A review. **Bioorganic Chemistry**, [s. l.], v. 75, p. 50–61, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2017.09.004>.

KAWA-RYGIELSKA, J.; ADAMENKO, K.; KUCHARSKA, A. Z.; PROROK, P.; PIÓRECKI, N. Physicochemical and antioxidative properties of Cornelian cherry beer. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 281, n. January, p. 147–153, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.093>.

KEMPKA, A. P.; THOMÉ, B. C.; DE CONTO, R. M. Produção de cerveja artesanal tipo Ale utilizando mel de diferentes floradas como adjunto. **Brazilian Journal of Food Research**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 105, 2017.

KIRKWOOD, J. S.; LEGETTE, L. L.; MIRANDA, C. L.; JIANG, Y.; STEVENS, J. F. A Metabolomics-driven Elucidation of the Anti-obesity Mechanisms of Xanthohumol. **Journal of Biological Chemistry**, [s. l.], v. 288, n. 26, p. 19000–19013, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1074/jbc.M112.445452>.

KLATSKY, A. L. Alcohol, cardiovascular diseases and diabetes mellitus. **Pharmacological Research**, [s. l.], v. 55, n. 3, p. 237–247, 2007.

KOOLEN, H. H. F.; FELIPE, M. A.; GOZZO, F. C.; SOUZA, A. Q. L. De; SOUZA, A. D. L. De. Antioxidant , antimicrobial activities and characterization of phenolic compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L . f .) by UPLC – ESI-MS / MS. **FRIN**, [s. l.], v. 51, n. 2, p. 467–473, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.039>.

KOOLEN, H. H. F.; SILVA, F. M. A.; SILVA, V. S. V.; PAZ, W. H. P.; BATAGLION, G. A. **Buriti fruit — Mauritia flexuosa**. [S. l.]: Elsevier Inc., 2018. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00004-6>.

KOOLEN, H. H. F.; SOARES, E. R.; DA SILVA, F. M. A.; DE SOUZA, A. Q. L.; FILHO, E. R.; DE SOUZA, A. D. L. Triterpenes and flavonoids from the roots of *Mauritia flexuosa*. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 189–192, 2011.

KRAJKA-KUŹNIAK, V.; PALUSZCZAK, J.; BAER-DUBOWSKA, W. Xanthohumol induces phase II enzymes via Nrf2 in human hepatocytes in vitro. **Toxicology in Vitro**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 149–156, 2013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0887233312002846>.

KRAJNOVIĆ, T.; DRAČA, D.; KALUĐEROVIĆ, G. N.; DUNĐEROVIĆ, D.; MIRKOV, I.; WESSJOHANN, L. A.; MAKSIMOVIĆ-IVANIĆ, D.; MIJATOVIĆ, S.

The hop-derived prenylflavonoid isoxanthohumol inhibits the formation of lung metastasis in B16-F10 murine melanoma model. **Food and Chemical Toxicology**, [s. l.], v. 129, n. November 2018, p. 257–268, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278691519302455>.

KUMAR, S.; PANDEY, A. K. Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. **The Scientific World Journal**, [s. l.], v. 2013, n. 4, p. 1–16, 2013. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/10.2307/j.ctt1w0ddx8.35>.

LA VECCHIA, C.; PELUCCHI, C. Alcohol and cancer risk, with focus on moderate drinkers. **Epidemiology Biostatistics and Public Health**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 1–3, 2015.

LEE, Y.-M.; HSIEH, K.-H.; LU, W.-J.; CHOU, H.-C.; CHOU, D.-S.; LIEN, L.-M.; SHEU, J.-R.; LIN, K.-H. Xanthohumol, a Prenylated Flavonoid from Hops (*Humulus lupulus*), Prevents Platelet Activation in Human Platelets. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, [s. l.], v. 2012, p. 1–10, 2012. Disponível em: <http://www.hindawi.com/journals/ecam/2012/852362/>.

LEE, I.-S.; LIM, J.; GAL, J.; KANG, J. C.; KIM, H. J.; KANG, B. Y.; CHOI, H. J. Anti-inflammatory activity of xanthohumol involves heme oxygenase-1 induction via NRF2-ARE signaling in microglial BV2 cells. **Neurochemistry International**, [s. l.], v. 58, n. 2, p. 153–160, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuint.2010.11.008>.

LEGETTE, L. L.; MORENO LUNA, A. Y.; REED, R. L.; MIRANDA, C. L.; BOBE, G.; PROTEAU, R. R.; STEVENS, J. F. Xanthohumol lowers body weight and fasting plasma glucose in obese male Zucker fa/fa rats. **Phytochemistry**, [s. l.], v. 91, p. 236–241, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.04.018>.

LEHNERT, R.; NOVÁK, P.; MACIEIRA, F.; KUŘEC, M.; TEIXEIRA, J. a.; BRANYIK, T. Optimisation of lab-scale continuous alcohol-free beer production. **Czech Journal of Food Sciences**, [s. l.], v. 27, n. No. 4, p. 267–275, 2009. Disponível em: <http://www.agriculturejournals.cz/web/cjfs.htm?volume=27&firstPage=267&type=publishedArticle>.

LEITAO, C.; MARCHIONI, E.; BERGAENTZLÉ, M.; ZHAO, M.; DIDIERJEAN, L.; MIESCH, L.; HOLDER, E.; MIESCH, M.; ENNAHAR, S. Fate of polyphenols and antioxidant activity of barley throughout malting and brewing. **Journal of Cereal Science**, [s. l.], v. 55, n. 3, p. 318–322, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2012.01.002>.

LIPNIZKI, F.; OLSSON, J.; TRÄGÅRDH, G. Scale-up of pervaporation for the recovery of natural aroma compounds in the food industry Part 2: optimisation and integration. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 54, n. 3, p. 197–205, 2002. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877401002011>.

LIU, M.; HANSEN, P.; WANG, G.; QIU, L.; DONG, J.; YIN, H.; QIAN, Z.; YANG, M.; MIAO, J. Pharmacological Profile of Xanthohumol, a Prenylated Flavonoid from Hops (*Humulus lupulus*). **Molecules**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 754–779, 2015. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1420-3049/20/1/754>.

LIU, W.; WANG, H.; PANG, X.; YAO, W.; GAO, X. Characterization and antioxidant activity of two low-molecular-weight polysaccharides purified from the fruiting bodies of *Ganoderma lucidum*. **Int. J. Biol. Macromol**, [s. l.], v. 46, p. 451–457, 2010.

M. ARAÚJO, C. R.; L. A. SANTOS, V.; A. GONSALVES, A. Acetylcholinesterase - AChE: A Pharmacological Interesting Enzyme. **Revista Virtual de Química**, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 1818–1834, 2016. Disponível em: http://rvq.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=680&nomeArquivo=v8n6a04.pdf.

MACHADO, J. C.; FARIA, M. A.; MELO, A.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Antiproliferative effect of beer and hop compounds against human colorectal adenocarcinoma Caco-2 cells. **Journal of Functional Foods**, [s. l.], v. 36, p. 255–261, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1756464617303948>.

MANGINDAAN, D.; KHOIRUDDIN, K.; WENTEN, I. G. Beverage dealcoholization processes: Past, present, and future. **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 71, p. 36–45, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.018>.

MANGINDAAN, D.; KHOIRUDDIN, K.; WENTEN, I. G. Trends in Food Science & Technology Beverage dealcoholization processes : Past , present , and future. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 71, n. September 2017, p. 36–45, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.018>.

MARTINEZ-GOMEZ, A.; CABALLERO, I.; BLANCO, C. A. Phenols and Melanoidins as Natural Antioxidants in Beer. Structure, Reactivity and Antioxidant Activity. **Biomolecules**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 400, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2218-273X/10/3/400>.

MARTÍNEZ, A.; VEGARA, S.; HERRANZ-LÓPEZ, M.; MARTÍ, N.; VALERO, M.; MICOL, V.; SAURA, D. Kinetic changes of polyphenols, anthocyanins and antioxidant capacity in forced aged hibiscus ale beer. **Journal of the Institute of Brewing**, [s. l.], v. 123, n. 1, p. 58–65, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jib.387>.

MATEO-GALLEGO, R.; PÉREZ-CALAHORRA, S.; LAMIQUIZ-MONEO, I.; MARCO-BENEDÍ, V.; BEA, A. M.; FUMANAL, A. J.; PRIETO-MARTÍN, A.; LACLAUSTRA, M.; CENARRO, A.; CIVEIRA, F. Effect of an alcohol-free beer enriched with isomaltulose and a resistant dextrin on insulin resistance in diabetic patients with overweight or obesity. **Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 475–483, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261561419300792>.

MEDEIROS, M. C.; AQUINO, J. S.; SOARES, J.; FIGUEIROA, E. B.; MESQUITA, H. M.; PESSOA, D. C.; STAMFORD, T. M. Buriti oil (*Mauritia flexuosa* L.) negatively impacts somatic growth and reflex maturation and increases retinol deposition in young rats. **International Journal of Developmental Neuroscience**, [s. l.], v. 46, p. 7–13, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2015.05.001>.

MEILGAARD, M. C.; CARR, B. T.; CIVILLE, G. V. **Sensory Evaluation Techniques**. 4. ed. [S. l.: s. n.], 2006. 2006.

MERINAS-AMO, T.; MARTÍNEZ-JURADO, M.; MERINAS-AMO, R.; GARCÍA-ZORRILLA, V.; FERNÁNDEZ-BEDMAR, Z. N.; ALONSO-MORAGA, A.; MATEO-FERNÁNDEZ, M. Comparison of in vivo and in vitro activities of alcohol and non-alcohol beer. **Toxicology Letters**, [s. l.], v. 238, n. 2, p. S65–S66, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.toxlet.2015.08.232>.

MERINAS-AMO, T.; MARTINEZ-JURADO, M.; MERINAS-AMO, R.; MATEO-FENANDEZ, M.; ALONSO-MORAGA, A. In vivo and in vitro toxicological and biological activities of alpha-acid humulone, isoxanthohumol and stout beer. **Toxicology Letters**, [s. l.], v. 229, n. 2014, p. S179–S180, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.toxlet.2014.06.613>.

MERINAS-AMO, T.; MERINAS-AMO, R.; FONT, R.; DEL RÍO CELESTINO, M.; ALONSO-MORAGA, Á. Toxicological and epigenetic studies of two types of ale beer, tyrosol and iso-alpha humulone. **Processes**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 1–20, 2021.

MERINAS-AMO, T.; MERINAS-AMO, R.; GARCÍA-ZORRILLA, V.; VELASCO-RUIZ, A.; CHLADEK, L.; PLACHY, V.; DEL RÍO-CELESTINO, M.; FONT, R.; KOKOSKA, L.; ALONSO-MORAGA, Á. Toxicological studies of czech beers and their constituents. **Foods**, [s. l.], v. 8, n. 8, 2019.

MERINAS-AMO, T.; TASSET-CUEVAS, I.; DÍAZ-CARRETERO, A. M.; ALONSO-MORAGA, Á.; CALAHORRO, F. In vivo and in vitro studies of the role of lyophilised blond Lager beer and some bioactive components in the modulation of degenerative processes. **Journal of Functional Foods**, [s. l.], v. 27, p. 274–294, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2016.09.014>.

MERINAS-AMO, M. T.; VILLALBA-BENITO, L.; ALMAGRO-BERLANGA, R.; ROMERO-JIMENEZ, M.; MATEO-FERNANDEZ, M.; ALONSO-MORAGA, A.; CALAHORRO-NUÑEZ, F. Toxicological, genotoxicological, antigenotoxicological, cytotoxicity and lifespan studies of beer and some components. **Toxicology Letters**, [s. l.], v. 221, p. S124, 2013.

MERINO, P.; SANTOS-LÓPEZ, J. A.; MATEOS, C. J.; MESEGUER, I.; GARCIMARTÍN, A.; BASTIDA, S.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J.; BENEDÍ, J.; GONZÁLEZ-MUÑOZ, M. J. Can nonalcoholic beer, silicon and hops reduce the brain damage and behavioral changes induced by aluminum nitrate in young male Wistar rats?. **Food and Chemical Toxicology**, [s. l.], v. 118, n. March, p. 784–794, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.06.004>.

MIKYŠKA, A.; DUŠEK, M.; SLABÝ, M. How does fermentation, filtration and stabilization of beer affect polyphenols with health benefits. **KVASNY PRUMYSL**, [s. l.], v. 65, n. 4, p. 120–126, 2019. Disponível em: <http://www.kvasnyprumysl.eu/index.php/kp/article/view/182>.

MILANEZ, J. T.; NEVES, L. C.; COLOMBO, R. C.; SHAHAB, M.; ROBERTO, S. R. Bioactive compounds and antioxidant activity of buriti fruits, during the postharvest, harvested at different ripening stages. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 227, n. September 2017, p. 10–21, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304423817305265>.

MILANEZ, J. T.; NEVES, L. C.; DA SILVA, P. M. C.; BASTOS, V. J.; SHAHAB, M.; COLOMBO, R. C.; ROBERTO, S. R. Pre-harvest studies of buriti (*Mauritia flexuosa* L.F.), a Brazilian native fruit, for the characterization of ideal harvest

point and ripening stages. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 202, p. 77–82, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.02.026>.

MIRANDA, C. L.; ELIAS, V. D.; HAY, J. J.; CHOI, J.; REED, R. L.; STEVENS, J. F. Xanthohumol improves dysfunctional glucose and lipid metabolism in diet-induced obese C57BL/6J mice. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, [s. l.], v. 599, p. 22–30, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.abb.2016.03.008>.

MIYATA, S.; INOUE, J.; SHIMIZU, M.; SATO, R. Xanthohumol Improves Diet-induced Obesity and Fatty Liver by Suppressing Sterol Regulatory Element-binding Protein (SREBP) Activation. **Journal of Biological Chemistry**, [s. l.], v. 290, n. 33, p. 20565–20579, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1074/jbc.M115.656975>.

MONTANARI, L.; FLORIDI, S.; MARCONI, O.; TIRONZELLI, M.; FANTOZZI, P. Effect of mashing procedures on brewing. **European Food Research and Technology**, [s. l.], v. 221, n. 1–2, p. 175–179, 2005.

MONTANARI, L.; MARCONI, O.; MAYER, H.; FANTOZZI, P. Production of Alcohol-Free Beer. *In*: BEER IN HEALTH AND DISEASE PREVENTION. [S. l.]: Elsevier, 2009. p. 61–75. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123738912000067>.

MORAN, L.; GUTTERIDGE, J.; QUINLAN, G. Thiols in Cellular Redox Signalling and Control. **Current Medicinal Chemistry**, [s. l.], v. 8, n. 7, p. 763–772, 2012.

MOREIRA, M. M.; MORAIS, S.; CARVALHO, D. O.; BARROS, A. A.; DELERUE-MATOS, C.; GUIDO, L. F. Brewer's spent grain from different types of malt: Evaluation of the antioxidant activity and identification of the major phenolic compounds. **Food Research International**, [s. l.], v. 54, n. 1, p. 382–388, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.023>.

MOSHER, M.; TRANTHAM, K. **Brewing Science: A Multidisciplinary Approach**. [S. l.: s. n.], 2017. 2017.

MOSS, R.; BARKER, S.; MCSWEENEY, M. B. An analysis of the sensory properties, emotional responses and social settings associated with non-alcoholic beer. **Food Quality and Preference**, [s. l.], v. 98, p. 104456, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104456>.

MOURA-NUNES, N.; BRITO, T. C.; FONSECA, N. D. Da; DE AGUIAR, P. F.; MONTEIRO, M.; PERRONE, D.; TORRES, A. G. Phenolic compounds of Brazilian beers from different types and styles and application of chemometrics for modeling antioxidant capacity. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 199, p. 105–113, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814615302703>.

MULLER, R. the Effects of Mashing Temperature and Mash Thickness on Wort Carbohydrate Composition. **Journal of the Institute of Brewing**, [s. l.], v. 97, n. 2, p. 85–92, 1991.

MÜLLER, M.; BELLUT, K.; TIPPMANN, J.; BECKER, T. Physical Methods for Dealcoholization of Beverage Matrices and their Impact on Quality Attributes. **ChemBioEng Reviews**, [s. l.], v. 4, n. 5, p. 310–326, 2017. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cben.201700010>.

NARDINI, M.; FODDAI, M. S. Phenolics Profile and Antioxidant Activity of Special Beers. **Molecules**, [s. l.], v. 25, n. 11, p. 2466, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/11/2466>.

NARDINI, M.; GARAGUSO, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 305, n. April 2019, p. 125437, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437>.

NOBRE, C. B.; SOUSA, E. O.; CAMILO, C. J.; MACHADO, J. F.; SILVA, J. M. F. L.; FILHO, J. R.; COUTINHO, H. D. M.; COSTA, J. G. M. Antioxidative effect and phytochemical profile of natural products from the fruits of “babaçu” (*Orbignia speciosa*) and “buriti” (*Mauritia fl exuosa*). [s. l.], v. 121, n. August, p. 423–429, 2018.

O’KANE, C. J. Drosophila as a Model Organism for the Study of Neuropsychiatric Disorders. In: BRAIN IMAGING IN BEHAVIORAL NEUROSCIENCE. [S. l.: s. n.], 2011. p. 37–60. Disponível em: http://link.springer.com/chapter/10.1007/7854_2011_176.

OAK, M.-H.; AUGER, C.; BELCASTRO, E.; PARK, S.-H.; LEE, H.-H.; SCHINKERT, V. B. Potential mechanisms underlying cardiovascular protection by polyphenols: Role of the endothelium. **Free Radical Biology and Medicine**, [s. l.], v. 122, n. March, p. 161–170, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.03.018>.

OLADOKUN, O.; TARREGA, A.; JAMES, S.; SMART, K.; HORT, J.; COOK, D. The impact of hop bitter acid and polyphenol profiles on the perceived bitterness of beer. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 205, p. 212–220, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.023>.

OLIVEIRA NETO, J. R.; DE OLIVEIRA, T. S.; GHEDINI, P. C.; VAZ, B. G.; GIL, E. de S. Antioxidant and vasodilatory activity of commercial beers. **Journal of Functional Foods**, [s. l.], v. 34, p. 130–138, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1756464617302098>.

OLIVEIRA, D. M. De; SIQUEIRA, E. P.; NUNES, Y. R. F. Flavonoids from leaves of *Mauritia fl exuosa*. **Revista Brasileira de Farmacognosia - Brazilian Journal of Pharmacognosy**, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 614–620, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2013005000061>.

ONG, C.; YUNG, L.-Y. L.; CAI, Y.; BAY, B.-H.; BAEG, G.-H. Drosophila melanogaster as a model organism to study nanotoxicity. **Nanotoxicology**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 396–403, 2015. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/17435390.2014.940405>.

OSORIO-PAZ, I.; BRUNAUER, R.; ALAVEZ, S. Beer and its non-alcoholic compounds in health and disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 60, n. 20, p. 3492–3505, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1696278>.

PARAMASIVAM, M.; POI, R.; BANERJEE, H.; BANDYOPADHYAY, A. High-performance thin layer chromatographic method for quantitative determination of curcuminoids in *Curcuma longa* germplasm. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 113, n.

2, p. 640–644, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.051>.

PEREIRA LIMA, R.; SOUZA DA LUZ, P. T.; BRAGA, M.; DOS SANTOS BATISTA, P. R.; FERREIRA DA COSTA, C. E.; ZAMIAN, J. R.; SANTOS DO NASCIMENTO, L. A.; DA ROCHA FILHO, G. N. Murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.) butter and oils of buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.) and pracaxi (*Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze) can be used for biodiesel production: Physico-chemical properties and thermal and kinetic studies. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 97, p. 536–544, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.052>.

PERPÈTE, Philippe. How to improve the enzymatic worty flavour reduction in a cold contact fermentation. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 70, n. 4, p. 457–462, 2000. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814600001114>.

PERPÈTE, P. Influence of beer ethanol content on the wort flavour perception. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 71, n. 3, p. 379–385, 2000. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814600001795>.

PERPÈTE, P.; COLLIN, S. Fate of the worty flavours in a cold contact fermentation. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 66, n. 3, p. 359–363, 1999. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814699000850>.

PETRÓN, M. J.; ANDRÉS, A. I.; ESTEBAN, G.; TIMÓN, M. L. Study of antioxidant activity and phenolic compounds of extracts obtained from different craft beer by-products. **Journal of Cereal Science**, [s. l.], v. 98, n. December 2020, p. 103162, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521021000035>.

PIAZZON, A.; FORTE, M.; NARDINI, M. Characterization of Phenolics Content and Antioxidant Activity of Different Beer Types. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 58, n. 19, p. 10677–10683, 2010. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf101975q>.

PILARSKI, D. W.; GEROGIORGIS, D. I. Progress and modelling of cold contact fermentation for alcohol-free beer production: A review. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 273, p. 109804, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877419304480>.

PINHO, O.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O.; SANTOS, L. H. M. L. M. Method optimization by solid-phase microextraction in combination with gas chromatography with mass spectrometry for analysis of beer volatile fraction. **Journal of Chromatography A**, [s. l.], v. 1121, n. 2, p. 145–153, 2006. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021967306008314>.

PINTO, C.; DUQUE, A. L.; RODRÍGUEZ-GALDÓN, B.; CESTERO, J. J.; MACÍAS, P. Xanthohumol prevents carbon tetrachloride-induced acute liver injury in rats. **Food and Chemical Toxicology**, [s. l.], v. 50, n. 10, p. 3405–3412, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2012.07.035>.

POLAK, J.; BARTOSZEK, M.; STANIMIROVA, I. A study of the antioxidant properties of beers using electron paramagnetic resonance. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 141, n. 3, p. 3042–3049, 2013. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.133>.

PRAET, T.; VAN OPSTAELE, F.; STEENACKERS, B.; DE BRABANTER, J.; DE VOS, D.; AERTS, G.; DE COOMAN, L. Changes in the hop-derived volatile profile upon lab scale boiling. **Food Research International**, [s. l.], v. 75, p. 1–10, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.05.022>.

PRASAD, S.; GUPTA, S. C.; TYAGI, A. K.; AGGARWAL, B. B. Curcumin, a component of golden spice: From bedside to bench and back. **Biotechnology Advances**, [s. l.], v. 32, n. 6, p. 1053–1064, 2014. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0734975014000512>.

PRASAD, S.; TYAGI, A. K.; AGGARWAL, B. B. Recent Developments in Delivery, Bioavailability, Absorption and Metabolism of Curcumin: the Golden Pigment from Golden Spice. **Cancer Research and Treatment**, [s. l.], v. 46, n. 1, p. 2–18, 2014. Disponível em: <http://e-crt.org/journal/view.php?doi=10.4143/crt.2014.46.1.2>.

PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. Second Edied. New York: Taylor & Francis group, 2006. 2006.

PRIYADARSINI, K. The Chemistry of Curcumin: From Extraction to Therapeutic Agent. **Molecules**, [s. l.], v. 19, n. 12, p. 20091–20112, 2014. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1420-3049/19/12/20091>.

PRÜSSING, K.; VOIGT, A.; SCHULZ, J. B. Drosophila melanogaster as a model organism for Alzheimer's disease. **Molecular Neurodegeneration**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 35, 2013. Disponível em: <http://molecularneurodegeneration.biomedcentral.com/articles/10.1186/1750-1326-8-35>.

PUERARI, C.; STREJC, J.; SOUZA, A. C.; KARABÍN, M.; SCHWAN, R. F.; BRÁNYIK, T. Optimization of alcohol-free beer production by lager and cachaça yeast strains using response surface methodology. **Journal of the Institute of Brewing**, [s. l.], v. 122, n. 1, p. 69–75, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jib.306>.

QUIFER-RADA, P.; VALLVERDÚ-QUERALT, A.; MARTÍNEZ-HUÉLAMO, M.; CHIVA-BLANCH, G.; JÁUREGUI, O.; ESTRUCH, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. A comprehensive characterisation of beer polyphenols by high resolution mass spectrometry (LC–ESI-LTQ-Orbitrap-MS). **Food Chemistry**, [s. l.], v. 169, p. 336–343, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.154>.

QUIÑONES, M.; MIGUEL, M.; ALEIXANDRE, A. Beneficial effects of polyphenols on cardiovascular disease. **Pharmacological Research**, [s. l.], v. 68, n. 1, p. 125–131, 2013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1043661812002058>.

RAJENDRAM, R.; PREEDY, V. R. Ethanol in Beer: Production, Absorption and Metabolism. In: BEER IN HEALTH AND DISEASE PREVENTION. [S. l.]: Elsevier, 2009. p. 431–440. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-373891-2.00041-9>.

RANCÁN, L.; PAREDES, S. D.; GARCÍA, I.; MUÑOZ, P.; GARCÍA, C.; LÓPEZ

DE HONTANAR, G.; DE LA FUENTE, M.; VARA, E.; TRESGUERRES, J. A. F. Protective effect of xanthohumol against age-related brain damage. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, [s. l.], v. 49, p. 133–140, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2017.07.011>.

RESENDE, L. M.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Buriti (*Mauritia fl exuosa* L . f .) fruit by-products fl ours : Evaluation as source of dietary fi bers and natural antioxidants. [s. l.], v. 270, n. July 2018, p. 53–60, 2019.

RIACHI, L. G.; DE MARIA, C. A. B. Yerba mate: An overview of physiological effects in humans. **Journal of Functional Foods**, [s. l.], v. 38, p. 308–320, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.09.020>.

RIENKS, J.; BARBARESCO, J.; NÖTHLINGS, U. Association of Polyphenol Biomarkers with Cardiovascular Disease and Mortality Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. **Nutrients**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 415, 2017. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2072-6643/9/4/415>.

RIU-AUMATELL, M.; MIRÓ, P.; SERRA-CAYUELA, A.; BUXADERAS, S.; LÓPEZ-TAMAMES, E. Assessment of the aroma profiles of low-alcohol beers using HS-SPME–GC-MS. **Food Research International**, [s. l.], v. 57, p. 196–202, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.016>.

RIVERO, D.; PÉREZ-MAGARIÑO, S.; GONZÁLEZ-SANJOSÉ, M. L.; VALLS-BELLES, V.; CODONER, P.; MUÑIZ, P. Inhibition of induced DNA oxidative damage by beers: Correlation with the content of polyphenols and melanoidins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 53, n. 9, p. 3637–3642, 2005.

ROCHA, F.; YUMI SUGAHARA, L.; LEIMANN, F. V.; DE OLIVEIRA, S. M.; DA SILVA BRUM, E.; CALHELHA, R. C.; BARREIRO, M. F.; FERREIRA, I. C. F. R.; PORTO INEU, R.; GONÇALVES, O. H. Nanodispersions of beta-carotene: effects on antioxidant enzymes and cytotoxic properties. **Food and Function**, [s. l.], v. 9, n. 7, p. 3698–3706, 2018.

RONKSLEY, P. E.; BRIEN, S. E.; TURNER, B. J.; MUKAMAL, K. J.; GHALI, W. A. Association of alcohol consumption with selected cardiovascular disease outcomes: a systematic review and meta-analysis. **BMJ**, [s. l.], v. 342, n. feb22 1, p. d671–d671, 2011. Disponível em: <https://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.d671>.

RUDKOWSKA, I. Functional foods for health: Focus on diabetes. **Maturitas**, [s. l.], v. 62, n. 3, p. 263–269, 2009.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. . M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de redução do Ferro -FRAP. **EMBRAPA, Comunicado Técnico**, [s. l.], 2006.

SAMARAS, T. S.; CAMBURN, P. A.; CHANDRA, S. X.; GORDON, M. H.; AMES, J. M. Antioxidant Properties of Kilned and Roasted Malts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 53, n. 20, p. 8068–8074, 2005. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf051410f>.

SAMUELS, J. S.; SHASHIDHARAMURTHY, R.; RAYALAM, S. Novel anti-

obesity effects of beer hops compound xanthohumol: role of AMPK signaling pathway. **Nutrition & Metabolism**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 42, 2018. Disponível em: <https://nutritionandmetabolism.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12986-018-0277-8>.

SANTOS, M. F. G.; ALVES, R. E.; RUÍZ-MÉNDEZ, M. V. Minor components in oils obtained from Amazonian palm fruits. **Grasas y Aceites**, [s. l.], v. 64, n. 5, p. 531–536, 2013.

SARANYA, T. S.; RAJAN, V. K.; BISWAS, R.; JAYAKUMAR, R.; SATHIANARAYANAN, S. Synthesis, characterisation and biomedical applications of curcumin conjugated chitosan microspheres. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 110, p. 227–233, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.12.044>.

SAUGSPIER, M.; DORN, C.; THASLER, W. E.; GEHRIG, M.; HEILMANN, J.; HELLERBRAND, C. Hop bitter acids exhibit anti-fibrogenic effects on hepatic stellate cells in vitro. **Experimental and Molecular Pathology**, [s. l.], v. 92, n. 2, p. 222–228, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.yexmp.2011.11.005>.

SAVI, A.; CALEGARI, M. A.; CALEGARI, G. C.; SANTOS, V. A. Q.; WERMUTH, D.; DA CUNHA, M. A. A.; OLDONI, T. L. C. Bioactive compounds from syzygium malaccense leaves: Optimization of the extraction process, biological and chemical characterization. **Acta Scientiarum - Technology**, [s. l.], v. 42, n. 1, 2020.

SCHUINA, G. L. ; DE SÁ, I. S. ; M., S. J. V.; CASTILHOS, M. B. M. ;; BIANCHI, V. L. Craft Beers. *In*: FERMENTED AND DISTILLED ALCOHOLIC BEVERAGES: A TECHNOLOGICAL, CHEMICAL AND SENSORY OVERVIEW. New York: Nova Science Publisher, 2021. p. 141–182.

SEKHON, B. S. Food nanotechnology - an overview. **Nanotechnology, science and applications**, [s. l.], v. 3, p. 1–15, 2010. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24198465><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3781769>.

SENKARCINOVA, B.; GRAÇA DIAS, I. A.; NESPOR, J.; BRANYIK, T. Probiotic alcohol-free beer made with *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*. **LWT**, [s. l.], v. 100, n. September 2018, p. 362–367, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.082>.

SERAFINI, M. M.; CATANZARO, M.; ROSINI, M.; RACCHI, M.; LANNI, C. Curcumin in Alzheimer's disease: Can we think to new strategies and perspectives for this molecule? **Pharmacological Research**, [s. l.], v. 124, p. 146–155, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phrs.2017.08.004>.

SHARMA, M. C.; SHARMA, S.; KOHLI, D. V. Some plant extracts used in pharmacologically activity of anxiolytics, antidepressant, analgesic, and anti-inflammatory activity. **Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 223–227, 2010.

ŠIBALIĆ, D.; PLANINIĆ, M.; JURIĆ, A.; BUCIĆ-KOJIĆ, A.; TIŠMA, M. Analysis of phenolic compounds in beer: from raw materials to the final product. **Chemical**

Papers, [s. l.], v. 75, n. 1, p. 67–76, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11696-020-01276-1>.

SIGMA ALDRICH. **Ácido Ferúlico**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: https://www.sigmaaldrich.com/deepweb/content/dam/sigmaaldrich/structure6/099/mfcd00004400.eps/_jcr_content/renditions/mfcd00004400-medium.png. Acesso em: 5 fev. 2023.

SIGMA ALDRICH. **Ácido Gálico**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: https://www.sigmaaldrich.com/deepweb/content/dam/sigmaaldrich/structure6/109/mfcd00002510.eps/_jcr_content/renditions/mfcd00002510-medium.png. Acesso em: 5 fev. 2023.

SIGMA ALDRICH. **Curcumin**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: https://www.sigmaaldrich.com/deepweb/content/dam/sigmaaldrich/structure6/046/mfcd00008365.eps/_jcr_content/renditions/mfcd00008365-large.png. Acesso em: 6 fev. 2023.

SIGMA ALDRICH. **β-caroteno**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: https://www.sigmaaldrich.com/deepweb/content/dam/sigmaaldrich/structure7/059/mfcd00001556.eps/_jcr_content/renditions/mfcd00001556-large.png. Acesso em: 6 fev. 2023.

SILVA DE SÁ, I.; PERON, A. P.; LEIMANN, F. V.; BRESSAN, G. N.; KRUM, B. N.; FACHINETTO, R.; PINELA, J.; CALHELHA, R. C.; BARREIRO, M. F.; FERREIRA, I. C. F. R.; GONÇALVES, O. H.; INEU, R. P. In vitro and in vivo evaluation of enzymatic and antioxidant activity, cytotoxicity and genotoxicity of curcumin-loaded solid dispersions. **Food and Chemical Toxicology**, [s. l.], v. 125, n. November 2018, p. 29–37, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.12.037>.

SOHRABVANDI, S.; MORTAZAVIAN, A. M.; REZAEI, K. Health-Related Aspects of Beer: A Review. **International Journal of Food Properties**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 350–373, 2012. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10942912.2010.487627>.

SOHRABVANDI, S.; MOUSAVI, S. M.; RAZAVI, S. H.; MORTAZAVIAN, A. M.; REZAEI, K. Alcohol-free Beer: Methods of Production, Sensorial Defects, and Healthful Effects. **Food Reviews International**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 335–352, 2010. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87559129.2010.496022>.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach**. 3. ed. Universidade de Michigan: [s. n.], 1997. 1997.

STEENACKERS, B.; DE COOMAN, L.; DE VOS, D. Chemical transformations of characteristic hop secondary metabolites in relation to beer properties and the brewing process: A review. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 172, p. 742–756, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.139>.

STEVENS, J. F.; PAGE, J. E. Xanthohumol and related prenylflavonoids from hops and beer: to your good health!. **Phytochemistry**, [s. l.], v. 65, n. 10, p. 1317–1330, 2004. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0031942204001876>.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory Evaluation Practices**. 3rd. ed. [S. l.]: Academic Press, 1973. 1973.

STREJC, J.; SIŘÍŠŤOVÁ, L.; KARABÍN, M.; ALMEIDA E SILVA, J. B.; BRÁNYIK, T. Production of alcohol-free beer with elevated amounts of flavouring compounds using lager yeast mutants. **Journal of the Institute of Brewing**, [s. l.], v. 119, n. 3, p. n/a-n/a, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jib.72>.

SZWAJGIER, D. Anticholinesterase activity of phenolic acids and their derivatives. **Zeitschrift fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences**, [s. l.], v. 68 C, n. 3–4, p. 125–132, 2013.

TAFULO, P. A. R.; QUEIRÓS, R. B.; DELERUE-MATOS, C. M.; SALES, M. G. F. Control and comparison of the antioxidant capacity of beers. **Food Research International**, [s. l.], v. 43, n. 6, p. 1702–1709, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.014>.

TAUCHEN, J.; BORTL, L.; HUML, L.; MIKSATKOVA, P.; DOSKOCIL, I.; MARSIK, P.; PEDRO, P.; VILLEGAS, P.; BENDEZU, Y.; DAMME, P. Van; LOJKA, B.; HAVLIK, J.; LAPCIK, O.; KOKOSKA, L. Phenolic composition , antioxidant and anti-proliferative activities of edible and medicinal plants from the Peruvian Amazon. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s. l.], v. 26, n. 6, p. 728–737, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjp.2016.03.016>.

TORRENS, J.; RIU-AUMATELL, M.; VICHI, S.; LÓPEZ-TAMAMES, E.; BUXADERAS, S. Assessment of Volatile and Sensory Profiles between Base and Sparkling Wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 58, n. 4, p. 2455–2461, 2010. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf9035518>.

VAN OPSTAELE, F.; DE CAUSMAECKER, B.; AERTS, G.; DE COOMAN, L. Characterization of Novel Varietal Floral Hop Aromas by Headspace Solid Phase Microextraction and Gas Chromatography–Mass Spectrometry/Olfactometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 60, n. 50, p. 12270–12281, 2012. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf304421d>.

VÁSQUEZ-OCMÍN, P. G.; ALVARADO, L. F.; SOLÍS, V. S.; TORRESB, R. P.; MANCINI-FILHOB, J. Chemical characterization and oxidative stability of the oils from three morphotypes of *Mauritia flexuosa* L.f, from the Peruvian Amazon. **Grasas y Aceites**, [s. l.], v. 61, n. 4, p. 390–397, 2010.

VÁSQUEZ-OCMÍN, P. G.; SOLÍS, V. E. S.; TORRES, D. D. C.; ALVARADO, L. F.; LUJÁN, M. M. DIFERENCIACIÓN QUÍMICA DE TRES MORFOTIPOS DE L. f. DE LAAMAZONÍA PERUANA. **Rev Soc Quím Perú**, [s. l.], v. 75, n. 3, p. 320–328, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v75n3/a07v75n3.pdf>.

VÁZQUEZ-ARAÚJO, L.; RODRÍGUEZ-SOLANA, R.; CORTÉS-DIÉGUEZ, S. M.; DOMÍNGUEZ, J. M. Use of hydrodistillation and headspace solid-phase microextraction to characterize the volatile composition of different hop cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 93, n. 10, p. 2568–

2574, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.6078>.

VENTURELLI, S.; BURKARD, M.; BIENDL, M.; LAUER, U. M.; FRANK, J.; BUSCH, C. Prenylated chalcones and flavonoids for the prevention and treatment of cancer. **Nutrition**, [s. l.], v. 32, n. 11–12, p. 1171–1178, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2016.03.020>.

VERA, L.; ACEÑA, L.; GUASCH, J.; BOQUÉ, R.; MESTRES, M.; BUSTO, O. Characterization and classification of the aroma of beer samples by means of an MS e-nose and chemometric tools. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, [s. l.], v. 399, n. 6, p. 2073–2081, 2011. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00216-010-4343-y>.

VIEIRA, R. F.; COSTA, T. da S. A.; SILVA, D. B. da; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. **Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília, DF: [s. n.], 2006. 2006.

VINSON, J. A.; MANDARANO, M.; HIRST, M.; TREVITHICK, J. R.; BOSE, P. Phenol Antioxidant Quantity and Quality in Foods: Beers and the Effect of Two Types of Beer on an Animal Model of Atherosclerosis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 51, n. 18, p. 5528–5533, 2003. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf034189k>.

VON RHEIN, C.; WEIDNER, T.; HENSS, L.; MARTIN, J.; WEBER, C.; SLIVA, K.; SCHNIERLE, B. S. Curcumin and Boswellia serrata gum resin extract inhibit chikungunya and vesicular stomatitis virus infections in vitro. **Antiviral Research**, [s. l.], v. 125, p. 51–57, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.antiviral.2015.11.007>.

WEISKIRCHEN, R.; MAHLI, A.; WEISKIRCHEN, S.; HELLERBRAND, C. The hop constituent xanthohumol exhibits hepatoprotective effects and inhibits the activation of hepatic stellate cells at different levels. **Frontiers in Physiology**, [s. l.], v. 6, n. MAY, p. 1–11, 2015. Disponível em: http://www.frontiersin.org/Gastrointestinal_Sciences/10.3389/fphys.2015.00140/abstract.

WOOTTON-BEARD, P. C. ; MORAN, A. ; RYAN, L. Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin–Ciocalteu methods. **Food Research International**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 217–224, 2011.

XIA, X.; PAN, Y.; ZHANG, W.-Y.; CHENG, G.; KONG, L.-D. Ethanol Extracts from Curcuma longa Attenuates Behavioral, Immune, and Neuroendocrine Alterations in a Rat Chronic Mild Stress Model. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, [s. l.], v. 29, n. 5, p. 938–944, 2006.

XIN, G.; WEI, Z.; JI, C.; ZHENG, H.; GU, J.; MA, L.; HUANG, Wenfang; MORRIS-NATSCHKE, S. L.; YEH, J.-L.; ZHANG, R.; QIN, C.; WEN, L.; XING, Z.; CAO, Y.; XIA, Q.; LI, K.; NIU, H.; LEE, K.-H.; HUANG, Wen. Xanthohumol isolated from Humulus lupulus prevents thrombosis without increased bleeding risk by inhibiting platelet activation and mtDNA release. **Free Radical Biology and Medicine**, [s. l.], v. 108, n. February, p. 247–257, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0891584917300801>.

YANG, D.; GAO, X. Research progress on the antioxidant biological activity of beer and strategy for applications. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 110, n. February, p. 754–764, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.048>.

YANG, M.; LI, N.; LI, F.; ZHU, Q.; LIU, X.; HAN, Q.; WANG, Y.; CHEN, Y.; ZENG, X.; LV, Y.; ZHANG, P.; YANG, C.; LIU, Z. Xanthohumol, a main prenylated chalcone from hops, reduces liver damage and modulates oxidative reaction and apoptosis in hepatitis C virus infected *Tupaia belangeri*. **International Immunopharmacology**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 466–474, 2013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1567576913001756>.

YASSIN, L. S.; FUKUI, C.; PEREIRA, P. C. D.; OLANDOSKI, M.; AVELES, P. R.; PINTO, S. C.; RESNAUER, C.; NAKAO, L. S.; MORIMOTO, I. I. Efeito da administração de uma dieta enteral com antioxidantes sobre as concentrações plasmáticas de tióis totais, carbonilas de proteínas e malondialdeído após acidente vascular cerebral. **Revista de Nutricao**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 247–257, 2012.

YEOMANS, M. R. Alcohol, appetite and energy balance: Is alcohol intake a risk factor for obesity?. **Physiology & Behavior**, [s. l.], v. 100, n. 1, p. 82–89, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.01.012>.

YEOMANS, M. R. Short term effects of alcohol on appetite in humans. Effects of context and restrained eating. **Appetite**, [s. l.], v. 55, n. 3, p. 565–573, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2010.09.005>.

ZANATTA, C. F.; MITJANS, M.; URGATONDO, V.; ROCHA-FILHO, P. A.; VINARDELL, M. P. Photoprotective potential of emulsions formulated with Buriti oil (*Mauritia flexuosa*) against UV irradiation on keratinocytes and fibroblasts cell lines. **Food and Chemical Toxicology**, [s. l.], v. 48, n. 1, p. 70–75, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2009.09.017>.

ZAPATA, P. J.; MARTÍNEZ-ESPLÁ, A.; GIRONÉS-VILAPLANA, A.; SANTOS-LAX, D.; NOGUERA-ARTIAGA, L.; CARBONELL-BARRACHINA, Á. A. Phenolic, volatile, and sensory profiles of beer enriched by macerating quince fruits. **LWT**, [s. l.], v. 103, n. January, p. 139–146, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.002>.

ZHANG, C.; QIN, Y.-Y.; CHEN, Q.; JIANG, H.; CHEN, X.-Z.; XU, C.-L.; MAO, P.-J.; HE, J.; ZHOU, Y.-H. Alcohol intake and risk of stroke: A dose–response meta-analysis of prospective studies. **International Journal of Cardiology**, [s. l.], v. 174, n. 3, p. 669–677, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2014.04.225>.

ZHAO, H. **Effects of Processing Stages on the Profile of Phenolic Compounds in Beer**. [S. l.]: Elsevier Inc., 2016. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00064-0>.

ZHAO, H.; CHEN, W.; LU, J.; ZHAO, M. Phenolic profiles and antioxidant activities of commercial beers. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 119, n. 3, p. 1150–1158, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.028>.

ZHAO, H.; LI, H.; SUN, G.; YANG, B.; ZHAO, M. Assessment of endogenous

antioxidative compounds and antioxidant activities of lager beers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 93, n. 4, p. 910–917, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.5824>.

APÊNDICE A

Apêndice – A.1. Concentrações fenólicas em mg/L

Tabela 9. Conteúdo de polifenol em mg/L

Estudos na literatura	Cerveja/estilo	Conteúdo de polifenol individual (concentração)
Moura-Nunes et al., 2016	American Brown Ale	11,5 (mg/L)
	American Pale Ale	20,7 (mg/L)
	German Weizen	11,7 (mg/L)
	German Weizen	15,6 (mg/L)
	Bock	23,0 (mg/L)
	Cerveja sem Álcool Lager	11,7 (mg/L)
	Cerveja sem Álcool Lager	6,9 (mg/L)
	Cerveja sem Álcool Lager	9,3 (mg/L)
	Cerveja sem Álcool Lager	4,6 (mg/L)
	Cerveja sem Álcool Lager	9,5 (mg/L)
	Premium American Lager	8,4 (mg/L)
	Premium American Lager	7,8 (mg/L)
	Premium American Lager	10,0 (mg/L)
	Premium American Lager	7,1 (mg/L)
	Premium American Lager	28,3 (mg/L)
	Premium American Lager	10,7 (mg/L)
	Premium American Lager	22,0 (mg/L)
	Premium American Lager	10,2 (mg/L)
	Rauchbier	19,1 (mg/L)
	Schwarzbier	15,2 (mg/L)
	Schwarzbier	26,7 (mg/L)
	Standard American Lager	9,5 (mg/L)
	Standard American Lager	13,0 (mg/L)
	Standard American Lager	4,7 (mg/L)
	Standard American Lager	9,6 (mg/L)
	Standard American Lager	10,7 (mg/L)
	Standard American Lager	11,5 (mg/L)
	Standard American Lager	6,9 (mg/L)

	Standard American Lager	5,9 (mg/L)
--	-------------------------	------------

Apêndice – A.2. Concentração fenólica total/individual

Tabela 10. Conteúdo de polifenol total e individual

Estudos na literatura	Cerveja/estilo	Conteúdo de polifenol total/ individual (concentração)
Ducruet et al., 2017	Ale	335 (mg EAG/L)
	CHER1 (Ale Itália Cerejas)	767 ± 13 (mg EAG/L)
	CHER2 (Ale Itália Cerejas)	747 ± 8 (mg EAG/L)
	ORAN (Ale Itália Cascas de laranja)	639 ± 4 (mg EAG/L)
	GRAP (Ale Itália Uvas)	631 ± 10 (mg EAG/L)
	PLUM (Ale Itália Ameixas)	598 ± 7 (mg EAG/L)
	RASP 2 (Ale Itália Framboesas)	536 ± 7 (mg EAG/L)
Nardini & Foddai, 2020	PEAC (Ale Itália Pêssegos)	510 ± 5 (mg EAG/L)
	RASP 1 (Framboesas da Bélgica Lambic)	465 ± 6 (mg EAG/L)
	APRI (Ale Itália Damascos)	454 ± 12 (mg EAG/L)
	APPL (Ale Itália Maçãs)	399 ± 11 (mg EAG/L)
	ALE 1 (Ale)	446 ± 13 (mg EAG/L)
	ALE 2 (Ale)	383 ± 7 (mg EAG/L)
	ALE 3 (Ale)	482 ± 10 (mg EAG/L)
	LAMB (Lambic)	403 ± 5 (mg EAG/L)
	LAGE (Lager)	321 ± 9 (mg EAG/L)
	Reeb (Lager)	152,01 (mg EAG/L)
Zhao et al., 2010	Carlsberg (Lager)	339,12 (mg EAG/L)
	Grolsch, Heineken e Bitburger (Lager)	> 290 (mg EAG/L)

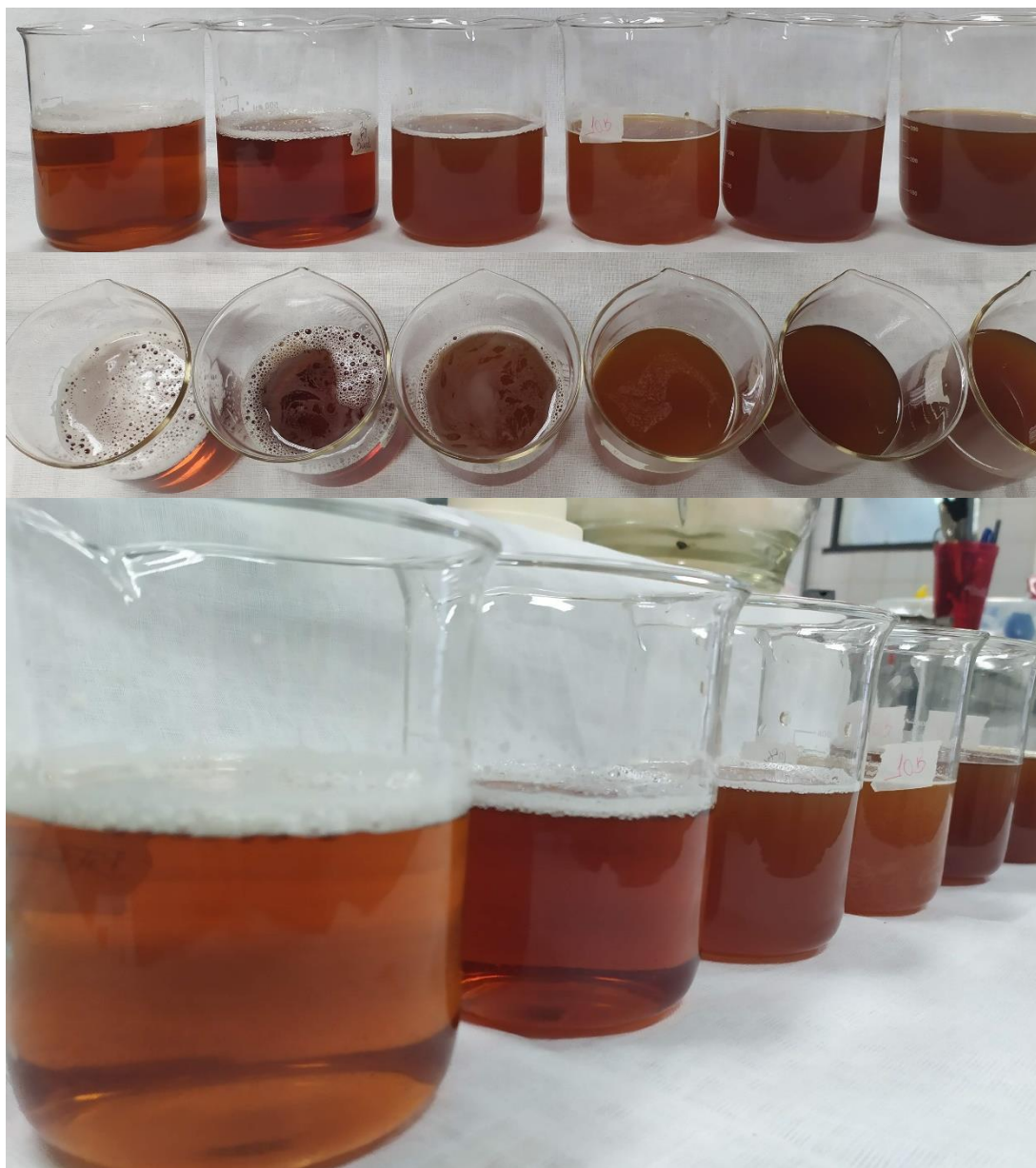
Cho et al., 2018	Cerveja comercial	507.09 ± 2.98 (mg EAG/L)
	Cerveja comercial com 150 g caqui maduro	701.09 ± 2.00 (mg EAG/L)
Gasiński et al., 2020	Saison	200.5 ± 1.9 (mg EAG/L)
	Saison com a adição de espinheiro	279.6 ± 2 (mg EAG/L)
	Saison suco da fruta de espinheiro	410.1 ± 11.8 (mg EAG/L)
Kawa-Rygielska et al., 2019	Pale Ale com adição de Cornelian cherry	688.7 (mg EAG/L)
Nardini & Garaguso, 2020	Lager com castanha	883.4 ± 10.9 (mg EAG/L)
	Ale com Noz	964.7 ± 9.6 (mg EAG/L)
	Ale com Chá verde	464.4 ± 3.9 (mg EAG/L)
	Ale com Café	582.7 ± 6.4 (mg EAG/L)
	Ale com Sementes de cacau	1026.4 ± 3.0 (mg EAG/L)
	Ale com Mel	538.3 ± 8.3 (mg EAG/L)
	Ale com Alcaçuz	819.7 ± 6.9 (mg EAG/L)
	Ale Belgium	446.1 ± 12 (mg EAG/L)
	Ale Itália	382.7 ± 6.6 (mg EAG/L)
	Ale Itália	424.4 ± 8.7 (mg EAG/L)
	Lager Itália	273.8 ± 4.1 (mg EAG/L)
	Lager Itália	320.6 ± 8.6 (mg EAG/L)
	Desalcoolizado	366 ± 73 (mg EAG/L)
Piazzon et al., 2010	Lager	452 ± 86 (mg EAG/L)
	Pilsner	484 ± 37 (mg EAG/L)
	Wheat	504 ± 44 (mg EAG/L)
	Ale	563 ± 52 (mg EAG/L)
	Abbey	622 ± 77 (mg EAG/L)
	Bock	875 ± 168 (mg EAG/L)
Martínez et al., 2017	Ale	294.18 ± 65.48 (mg EAG/L)
	Ale 5 g/L de Hibisco	410.62 ± 33.63 (mg EAG/L)
	Ale 10 g/L de Hibisco	606.53 ± 10.28 (mg EAG/L)
	Ale 20 g/L de Hibisco	743.16 ± 7.02 (mg EAG/L)
Djordjevic et al., 2016	Pils	280.26±1.14 (mg EAG/L)
	Pils com Erva cidreira	363.08±2.24 (mg EAG/L)

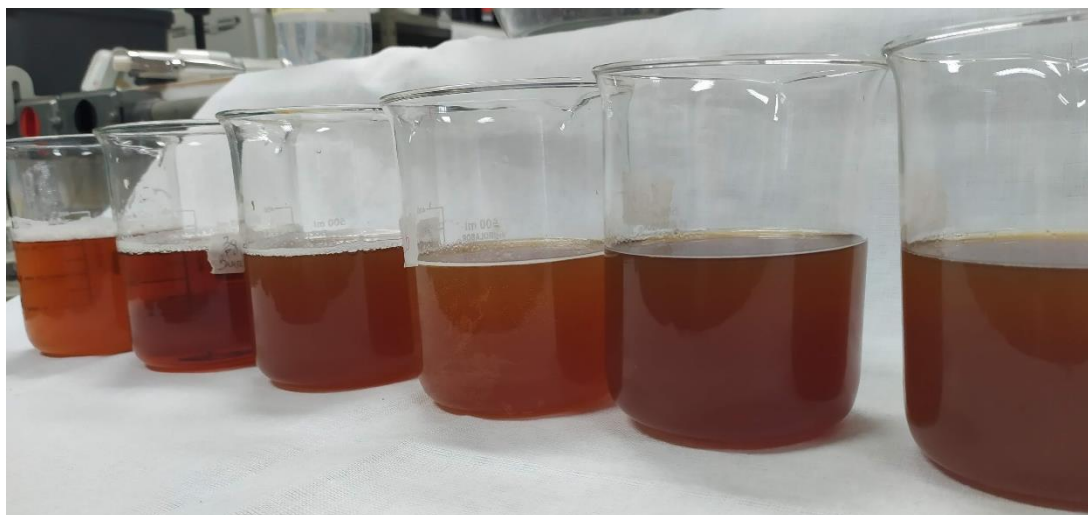
Pils com Tomilho	384.22±3.05 (mg EAG/L)
Pils com Zimbros	365.38±2.85 (mg EAG/L)
Pils com Urtiga	317.18±1.57 (mg EAG/L)
Pils com Lúpulo	316.67±1.76 (mg EAG/L)

APÊNDICE – B

Apêndice – B.1. Cervejas de baixo teor alcoólico de Buriti

Figura 24. Amostras, em diferentes ângulos, de cerveja de baixo teor alcoólico, sendo, da esquerda para direita: BTAcontrole (sem adição do bioativo) e 3, 6, 10, 30, e 90 g/L de óleo de Buriti.





Fonte: Autoral

APÊNDICE – C

Apêndice – C.1. Cervejas de baixo teor alcoólico de Cúrcuma

Figura 25. Amostras, em diferentes ângulos, de cerveja de baixo teor alcoólico, sendo, da esquerda para direita: BTAcontrole (sem adição do bioativo) e 3, 6, 10, 30, e 90 g/L de óleo de cúrcuma.





Fonte: Autoral

APÊNDICE – D

Apêndice – D.1. Resultados das análises sensoriais para doçura ideal, sabor de malte ideal e intenção de compra

Figura 26. Gráfico de frequência da doçura ideal.

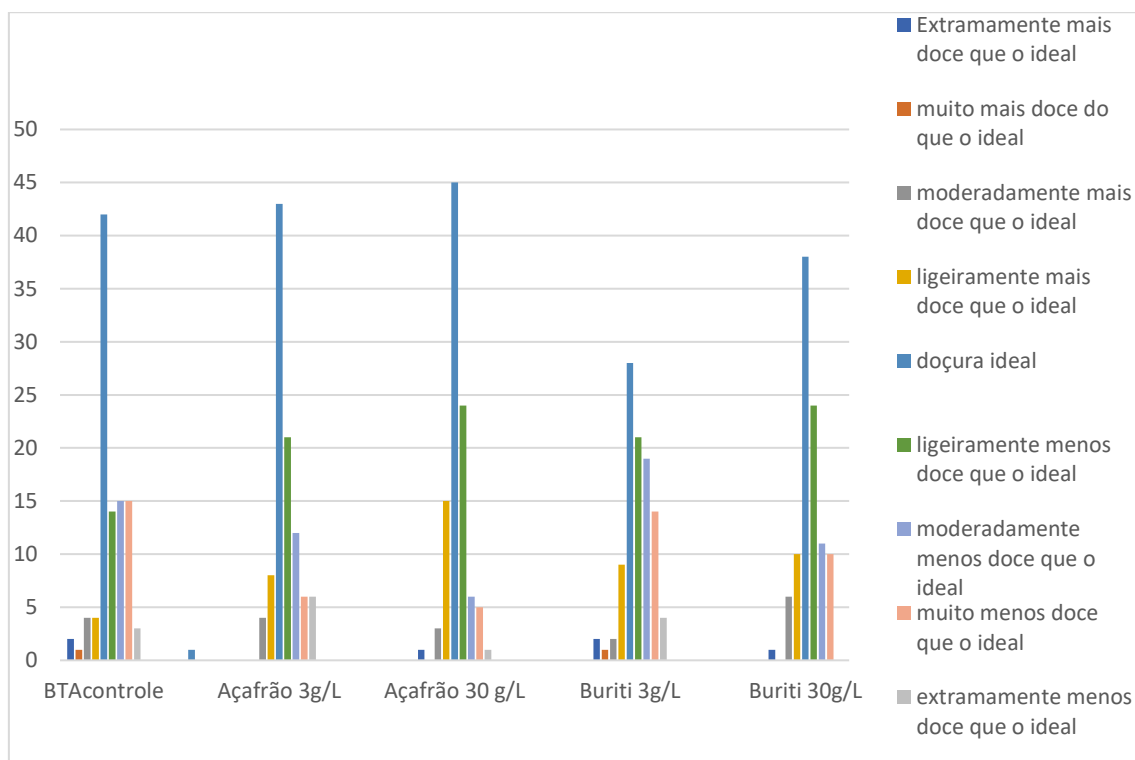


Figura 27. Gráfico de frequência do sabor de malte ideal.

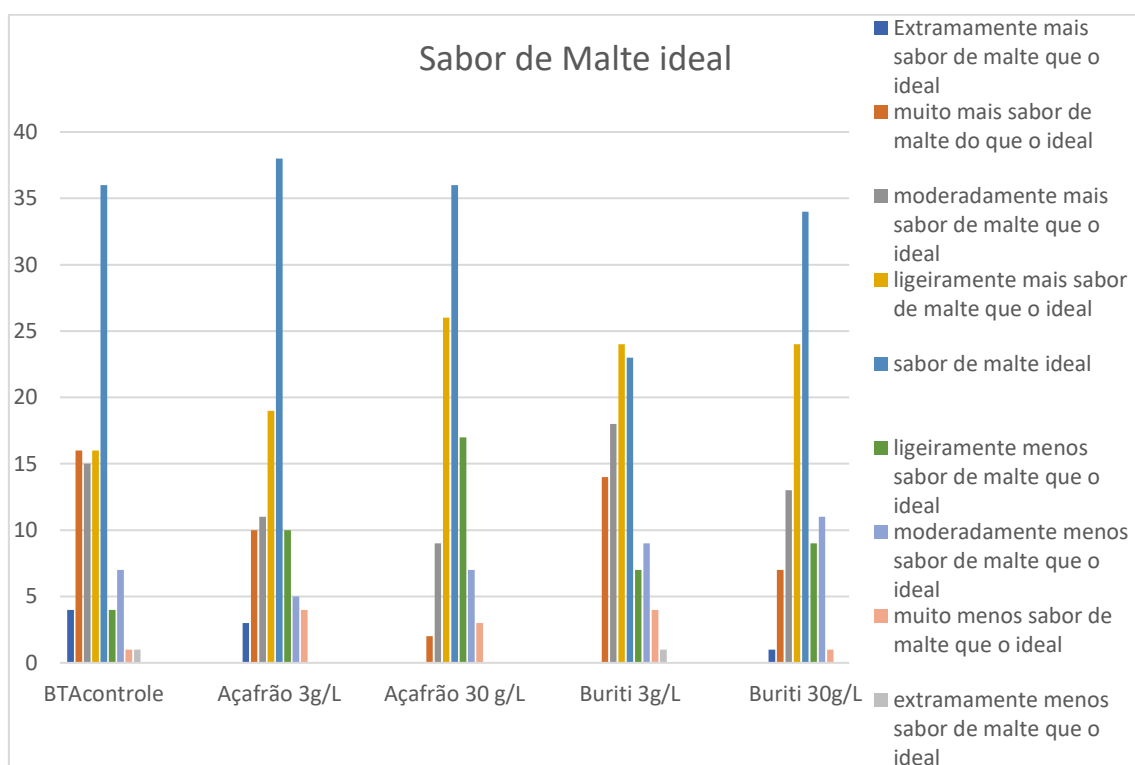
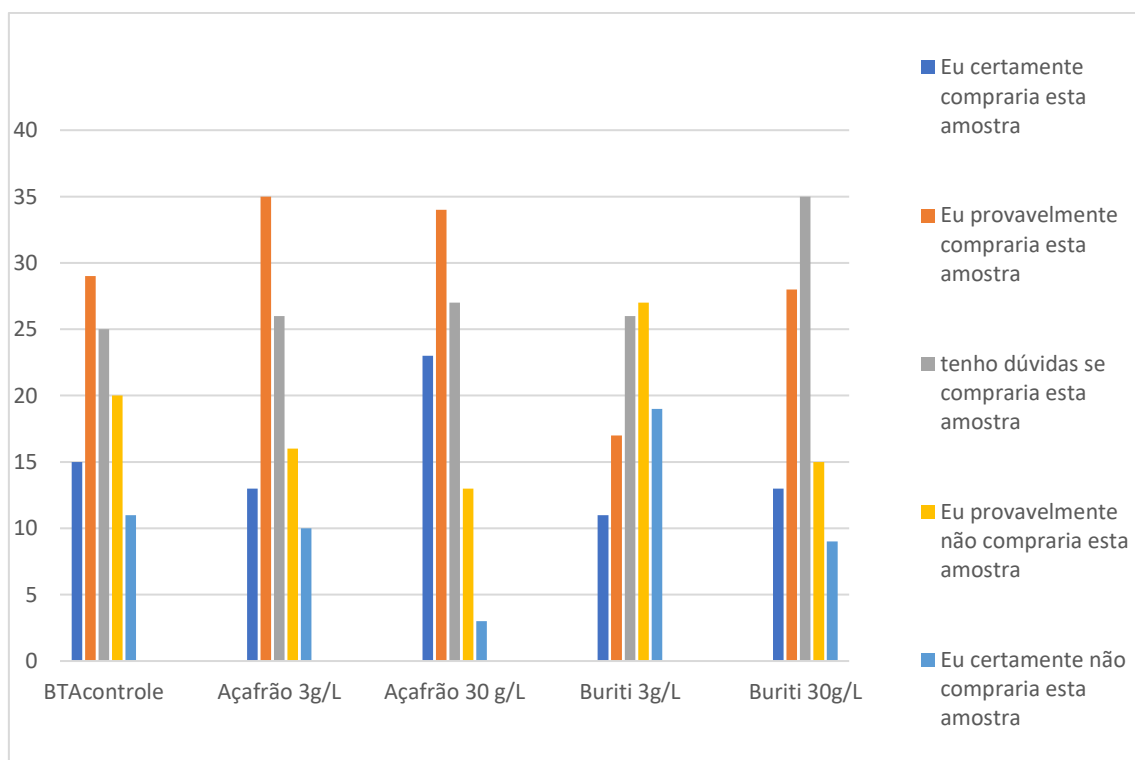


Figura 28. Gráfico de frequência da intenção de compra.



APÊNDICE – E

Apêndice – E.1. Fichas utilizadas na análise sensorial

Figura 29. Ficha de caracterização do consumidor.

Por favor, preencha o questionário com todas as informações solicitadas. Nome: _____ Idade: _____ Sexo: () Feminino () Masculino Consome cerveja artesanal: () Sim; () Não Consome cerveja de baixo teor alcoólico: () Sim; () Não Utilizando a escala abaixo, indique o quanto você gosta ou desgosta de cerveja artesanal: () Gosto muito () Gosto pouco () Indiferente () Desgosto pouco () Desgosto muito Com que frequência, em média, você consome cerveja: _____ (5) 4 vezes/semana ou mais (4) 2 a 3 vezes/semana (3) 1 vez/semana (2) 1 vez/mês (1) Não consumo

Figura 30. Ficha de avaliação sensorial.

Nome: _____ Idade: _____ Data: _____

Você está recebendo uma amostra de cerveja artesanal de baixo teor alcoólico. Por favor, prove-a e avalie cada item segundo a escala abaixo:

AMOSTRA _____

9. Gostei extremamente
8. Gostei muitíssimo
7. Gostei moderadamente
6. Gostei levemente
5. Não gostei nem desgostei
4. Desgostei levemente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muitíssimo
1. Desgostei extremamente

Cor	
Aroma	
Corpo	
Sabor	
Aceitação Global	

Assinale, o quão próximo do ideal estão a doçura e o sabor de malte de uma cerveja artesanal de baixo teor alcoólico:

doçura	sabor de malte
☐ extremamente mais doce que o ideal	☐ extremamente mais sabor de malte que o ideal
☐ muito mais doce que o ideal	☐ muito mais sabor de malte que o ideal
☐ moderadamente mais doce que o ideal	☐ moderadamente mais sabor de malte que o ideal
☐ ligeiramente mais doce que o ideal	☐ ligeiramente mais sabor de malte que o ideal
☐ doçura ideal	☐ sabor de malte ideal
☐ ligeiramente menos doce que o ideal	☐ ligeiramente menos sabor de malte que o ideal
☐ moderadamente menos doce que o ideal	☐ moderadamente menos sabor de malte que o ideal
☐ muito menos doce que o ideal	☐ muito menos sabor de malte que o ideal
☐ extremamente menos doce que o ideal	☐ extremamente menos sabor de malte que o ideal

Assinale, para esta amostra, qual seria sua intenção de compra:

☐ Eu certamente compraria esta amostra
☐ Eu provavelmente compraria esta amostra
☐ Tenho dúvidas se compraria esta amostra
☐ Eu provavelmente não compraria esta amostra
☐ Eu certamente não compraria esta amostra

Comentários: _____

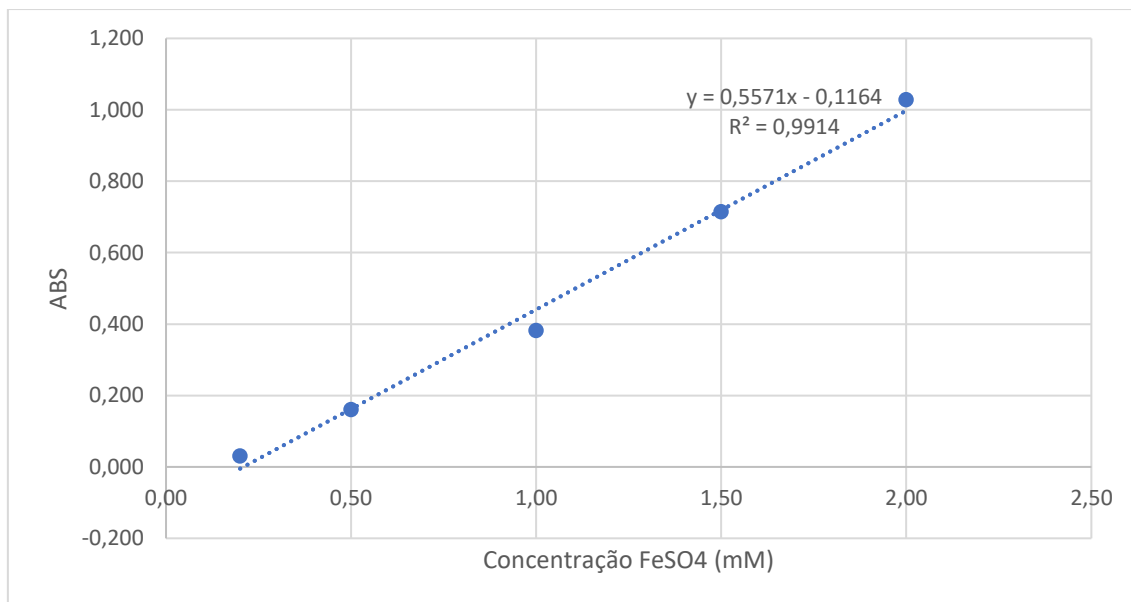
Figura 31. TCLE para análise sensorial.

 unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de São José do Rio Preto	 INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS, LETRAS E CIÊNCIAS EXATAS IBILCE / UNESP - CÂMPUS DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO														
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012/Resolução 510/2016)															
Você está sendo convidado a participar como voluntário do projeto de pesquisa "Efeitos Físico-Químicos, Biológicos e Sensoriais dos Bioativos da Cúrcuma e do Buri Utilizado na Produção de Cerveja Artesanal Com Baixo Teor Alcoólico" sob responsabilidade do pesquisador Igor Silva de Sá. Serão recrutados julgadores para avaliar a aceitação sensorial de 5 amostras de cerveja. Seus dados pessoais serão mantidos em sigilo. Serão excluídos indivíduos com idade inferior a 18 anos, gestantes, hipertensão arterial, diabetes, doença celíaca, intolerância à lactose ou a qualquer componente da formulação, problemas com ingestão de álcool e/ou mais problemas detectados. Sendo que, a quantidade de produto disponibilizada para análise será de 30 mL, para cada amostra. Haverá um risco mínimo para a saúde, visto que, são produtos de uso comum e manipulados segundo as Boas Práticas de Fabricação. Porém, caso algum indivíduo apresente alguma reação, este será encaminhado para a Seção Técnica de Saúde do IBILCE. Você poderá consultar o(a) pesquisador(a) responsável em qualquer época, pessoalmente ou pelo telefone da instituição, para esclarecimento de qualquer dúvida. Você está livre para, a qualquer momento, deixar de participar da pesquisa. Todas as informações por você fornecidas e os resultados obtidos serão mantidos em sigilo, e estes últimos só serão utilizados para divulgação em reuniões e revistas científicas. Você será informado de todos os resultados obtidos, independentemente do fato de estes poderem mudar seu consentimento em participar da pesquisa. Você não terá quaisquer benefícios ou direitos financeiros sobre os eventuais resultados decorrentes da pesquisa. Este estudo é importante porque seus resultados fornecerão informações para a possível produção de cervejas com baixo teor alcoólicos na indústria cervejeira artesanal e na utilização desses bioativos em cervejas artesanais, tornando o consumo de cerveja artesanal uma prática mais saudável e que atenda a demanda por esse tipo de bebida. Diante das explicações, se você concorda em participar deste projeto, forneça os dados solicitados e coloque sua assinatura a seguir.															
Nome: _____ Endereço: _____	R.G. _____ Fone: _____ São José do Rio Preto, _____ de _____ de 20__														
_____ Assinatura do Participante	_____ Assinatura do Pesquisador (a) responsável														
OBS.: Termo apresenta duas vias, uma destinada ao participante e a outra ao pesquisador. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Nome Pesquisador(a): Igor Silva de Sá</td> <td style="width: 40%;">Cargo/Função: Doutorando</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Instituição: Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos/ IBILCE/ UNESP</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Endereço: Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth, São José do Rio Preto/ SP</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Telefone: (17) 3221 – 2200 – Ramal 2713</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do IBILCE/UNESP</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Rua Cristóvão Colombo, 2265. Bairro: Jardim Nazareth.</td> </tr> <tr> <td colspan="2">São José do Rio Preto/SP – Fone 17-3221.2480 e 3221.2545</td> </tr> </table>		Nome Pesquisador(a): Igor Silva de Sá	Cargo/Função: Doutorando	Instituição: Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos/ IBILCE/ UNESP		Endereço: Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth, São José do Rio Preto/ SP		Telefone: (17) 3221 – 2200 – Ramal 2713		Projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do IBILCE/UNESP		Rua Cristóvão Colombo, 2265. Bairro: Jardim Nazareth.		São José do Rio Preto/SP – Fone 17-3221.2480 e 3221.2545	
Nome Pesquisador(a): Igor Silva de Sá	Cargo/Função: Doutorando														
Instituição: Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos/ IBILCE/ UNESP															
Endereço: Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth, São José do Rio Preto/ SP															
Telefone: (17) 3221 – 2200 – Ramal 2713															
Projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do IBILCE/UNESP															
Rua Cristóvão Colombo, 2265. Bairro: Jardim Nazareth.															
São José do Rio Preto/SP – Fone 17-3221.2480 e 3221.2545															

APÊNDICE – F

Apêndice – F.1. Curva padrão para a análise FRAP

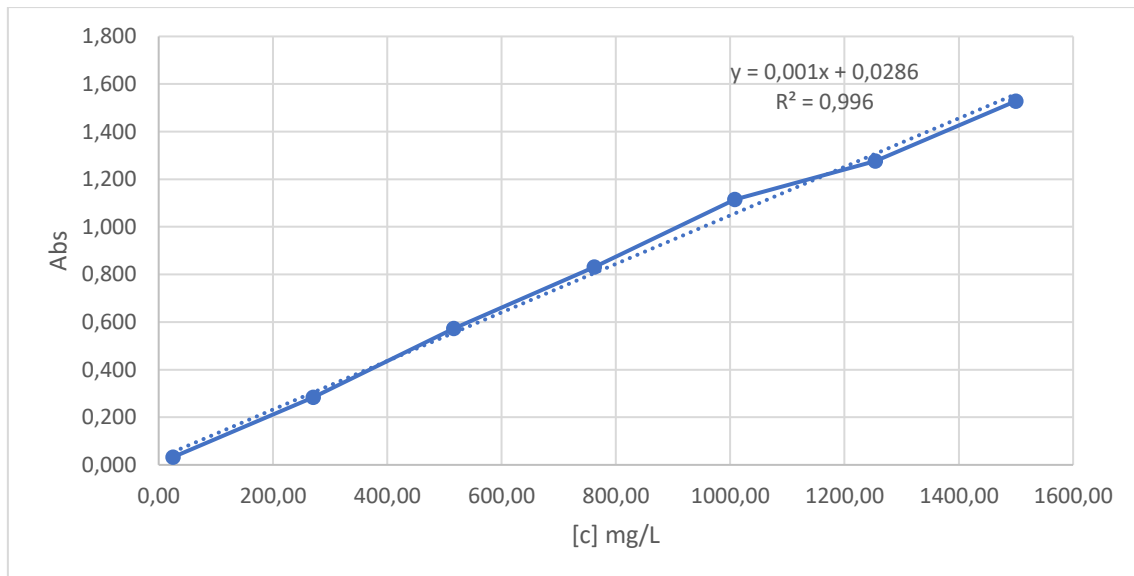
Figura 32. TCLE para análise sensorial.



APÊNDICE - G

Apêndice – G.1. Curva padrão para análise de compostos fenólicos totais

Figura 33. Curva padrão do ácido gálico para análises de compostos fenólicos totais.



APÊNDICE – H

Apêndice – H.1. Cromatogramas das análises de HPLC dos padrões

Figura 34. Ramnose padrão (1,0 mg/mL).

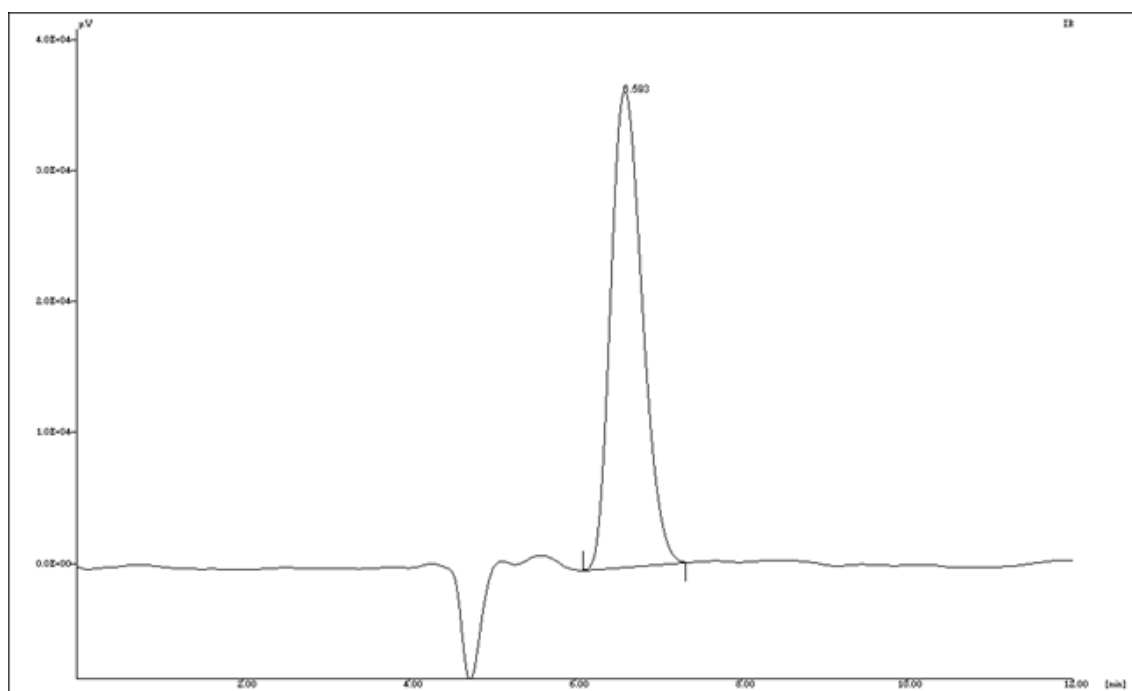


Figura 35. Xilose padrão (1,0 mg/mL).

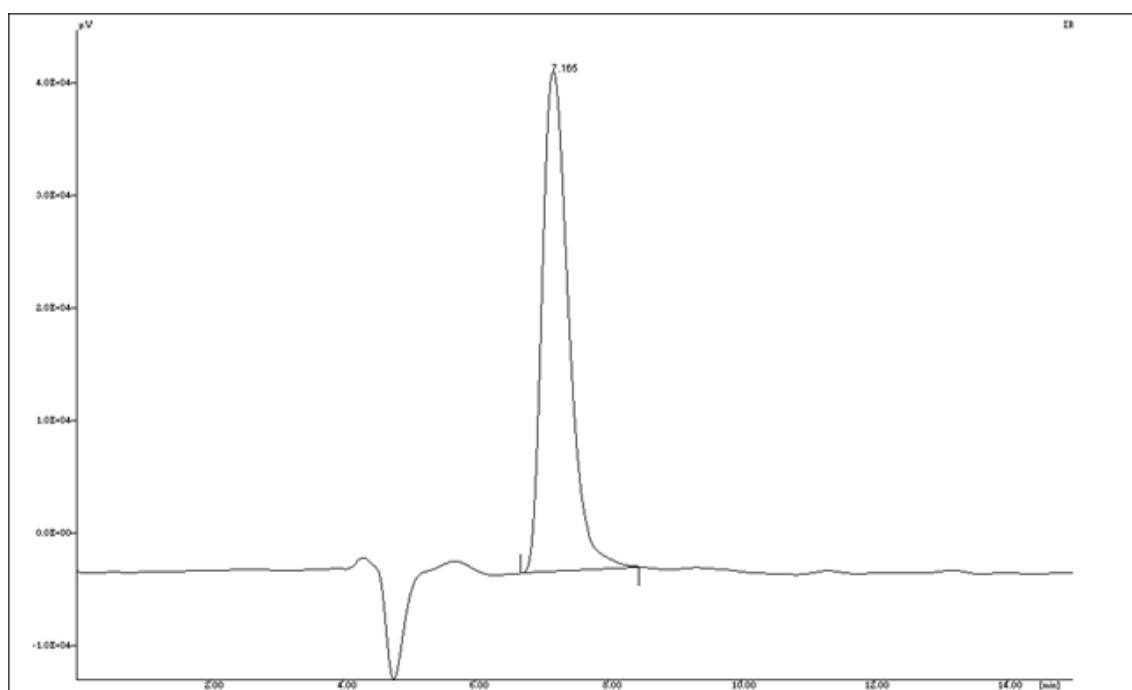


Figura 36. Frutose padrão (1,0 mg/mL).

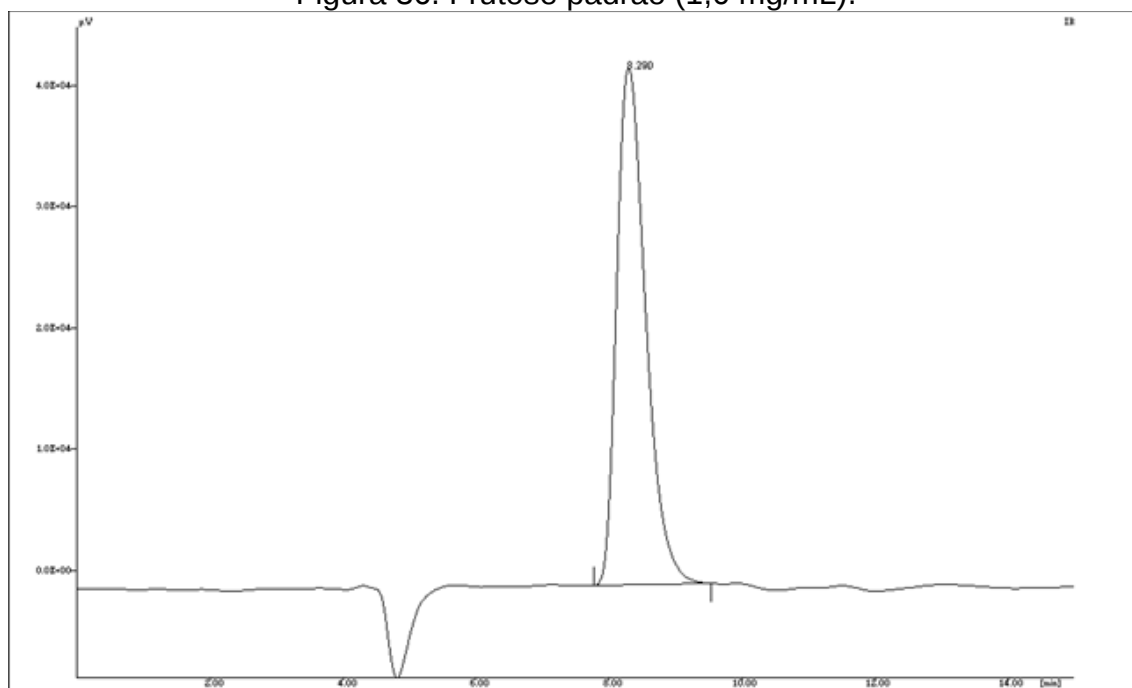


Figura 37. Glicose padrão (1,0 mg/mL).

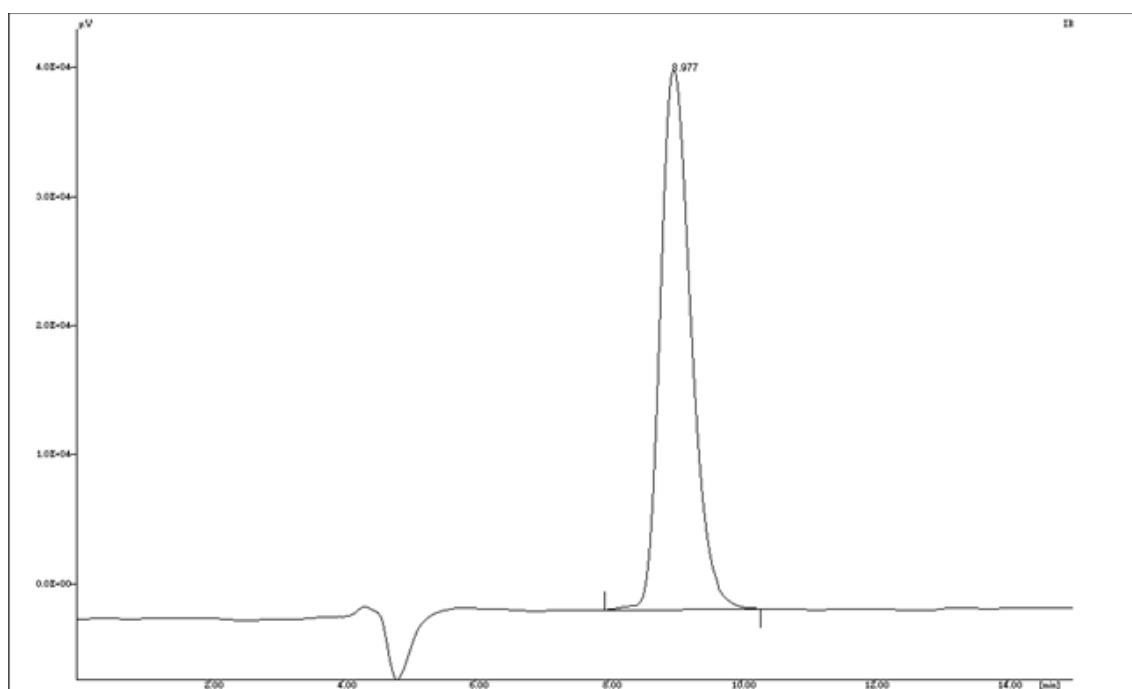


Figura 38. Sacarose padrão (1,0 mg/mL).

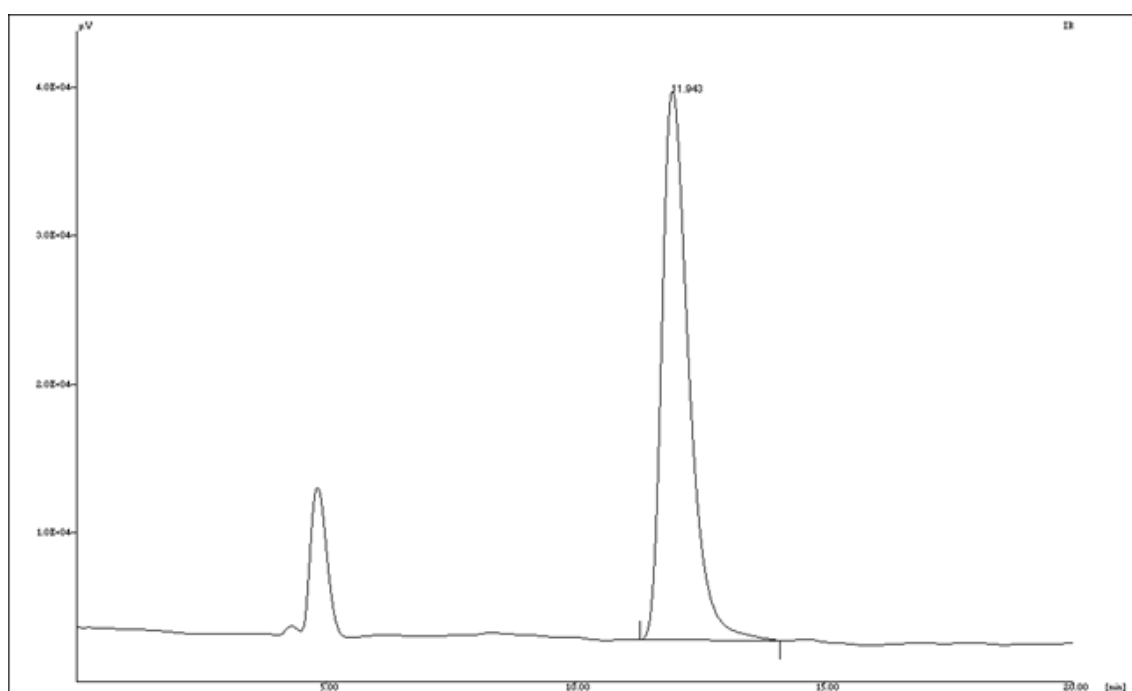


Figura 39. Maltose padrão (1,0 mg/mL).

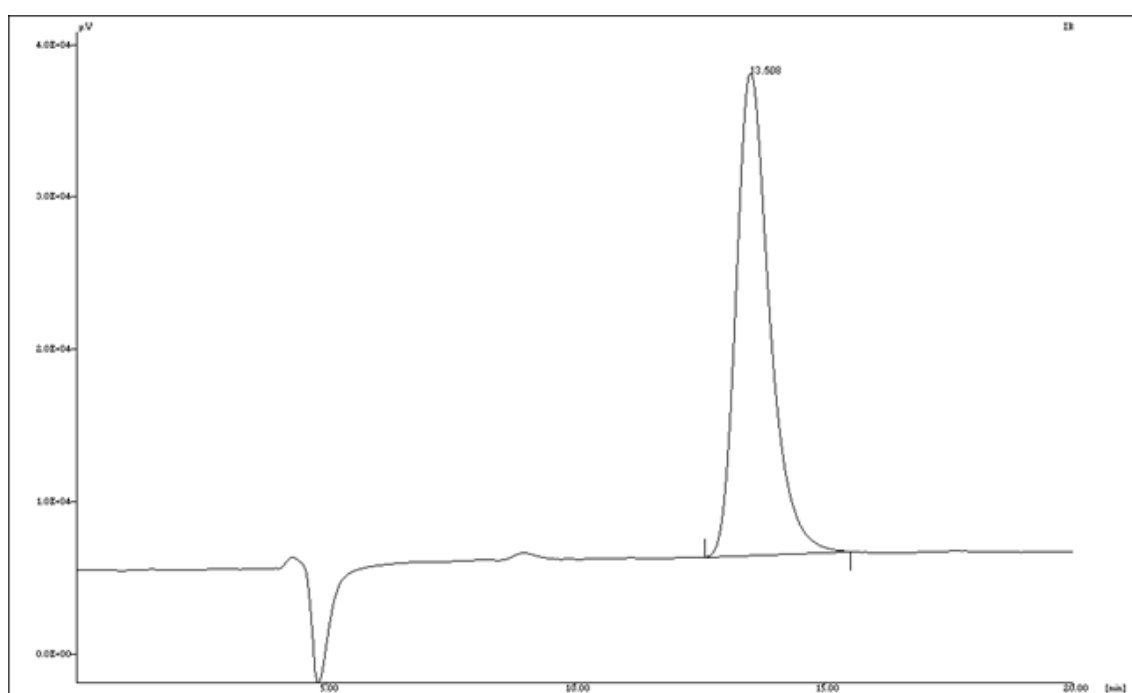
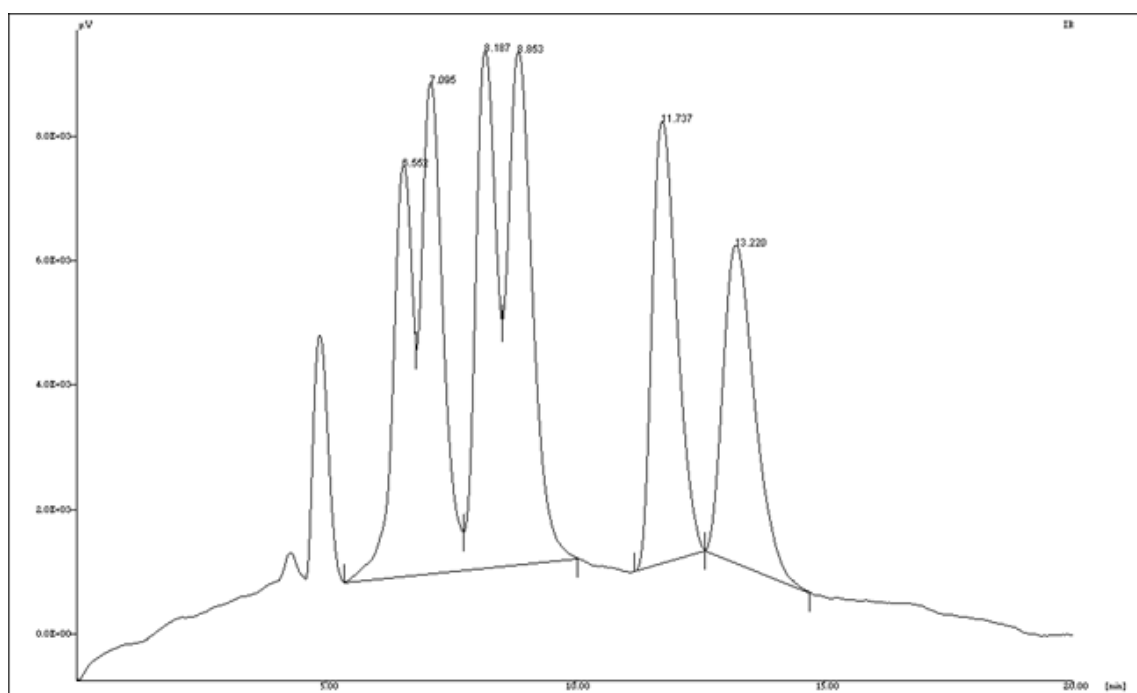


Figura 40. MIX de açúcares (raminose, xilose, frutose, glicose, sacarose e maltose).



Apêndice – I.2. Cromatogramas das análises de HPLC das amostras

Figura 41. Raminose, frutose, glicose, sacarose, maltose na amostra de cerveja controle. Tempo de retenção foi de 6,160; 8,265; 8,963; 11,920; 13,587, respectivamente.

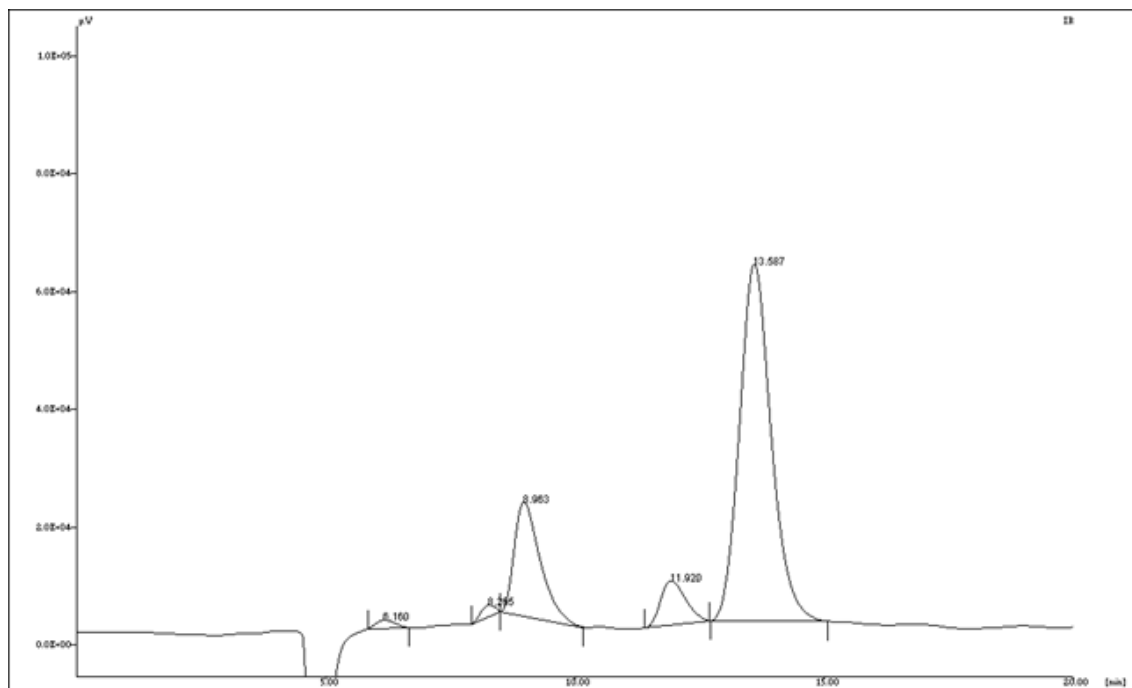


Figura 42. Raminose, frutose, glicose, sacarose, maltose na amostra de cerveja 70/15. Tempo de retenção foi de 6,157; 8,153; 8,832; 11,678; 13,220, respectivamente.

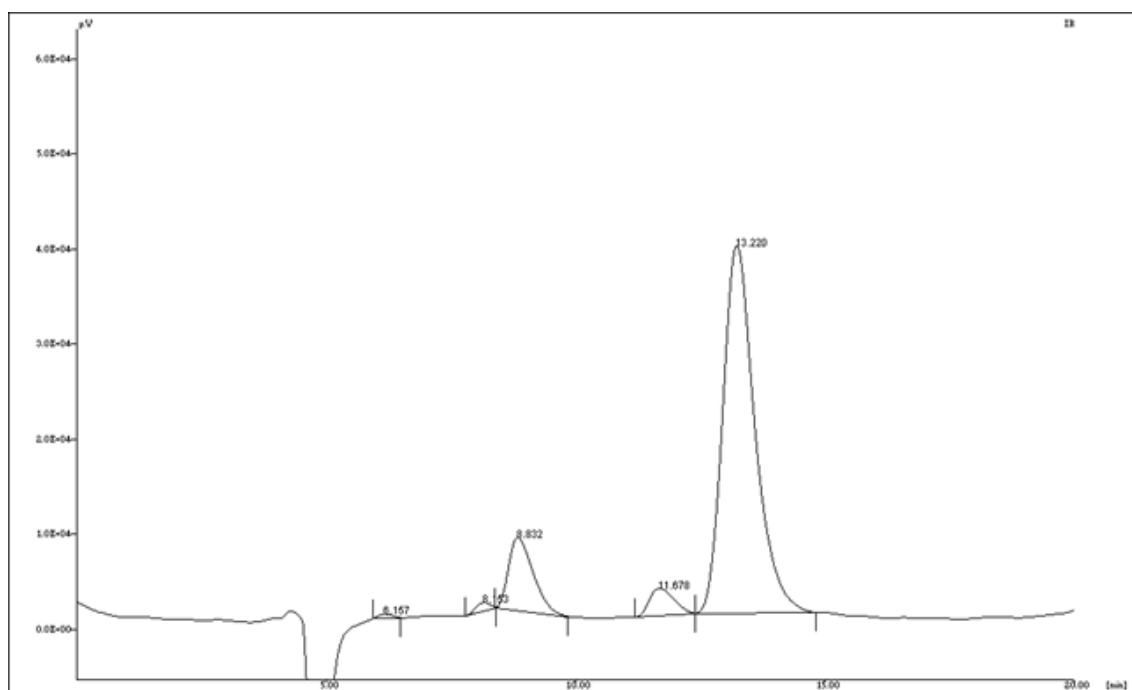


Figura 43. Raminose, frutose, glicose, sacarose, maltose na amostra de cerveja 70/30. Tempo de retenção foi de 6,197; 8,138; 8,853; 11,683; 13,240, respectivamente.

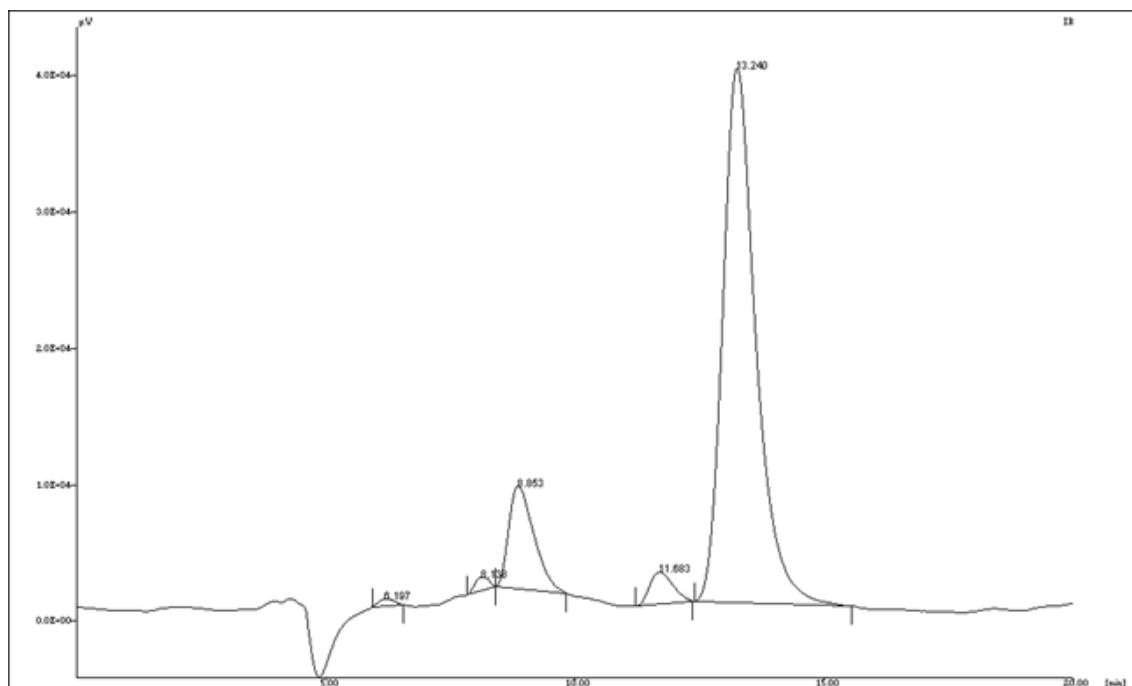


Figura 44. Raminose, frutose, glicose, sacarose, maltose na amostra de cerveja 70/45. Tempo de retenção foi de 6,220; 8,197; 8,870; 11,722; 13,315, respectivamente.

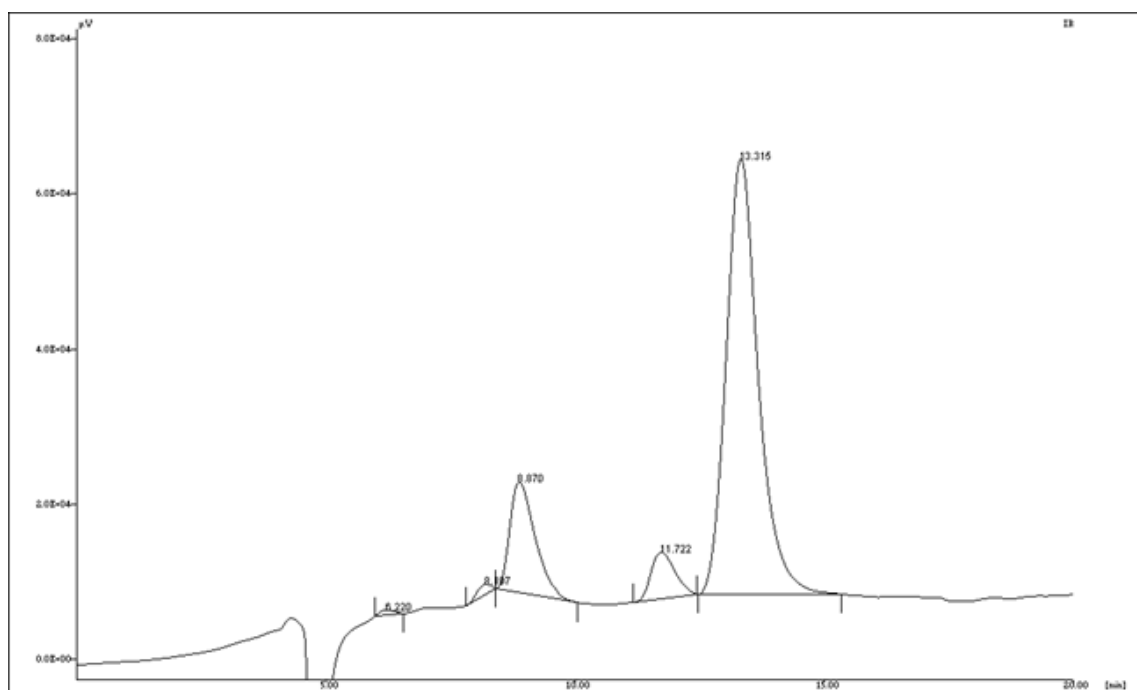


Figura 45. Raminose, frutose, glicose, sacarose, maltose na amostra de cerveja 74/15. Tempo de retenção foi de 6,127; 8,168; 8,848; 11,672; 13,217, respectivamente.

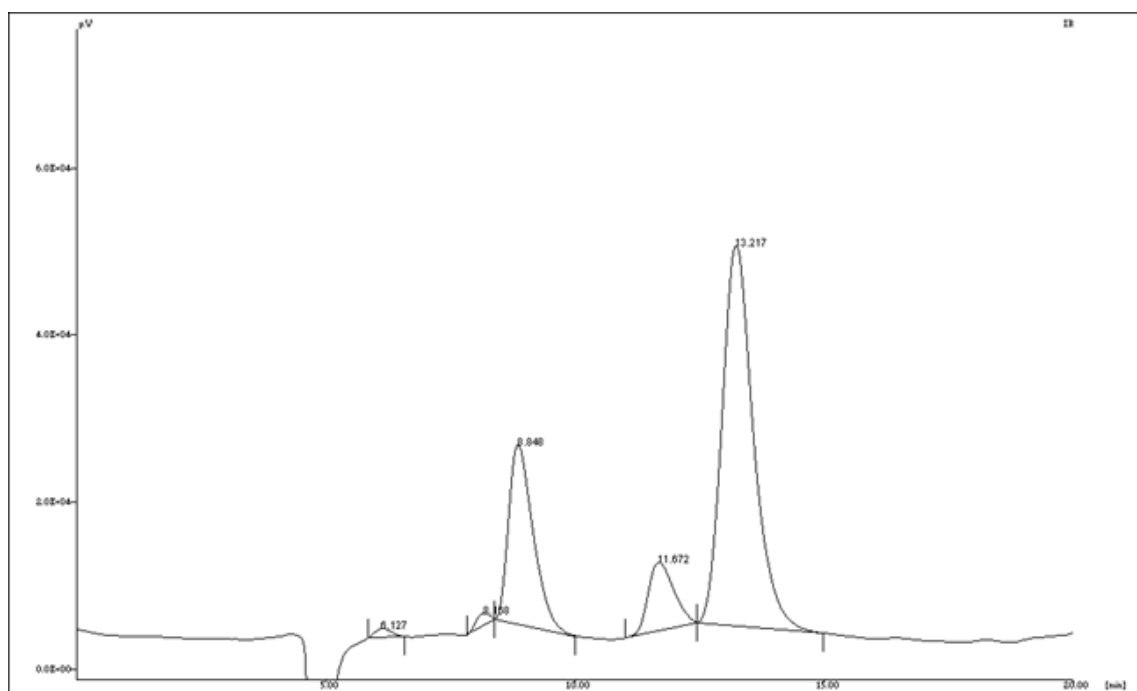
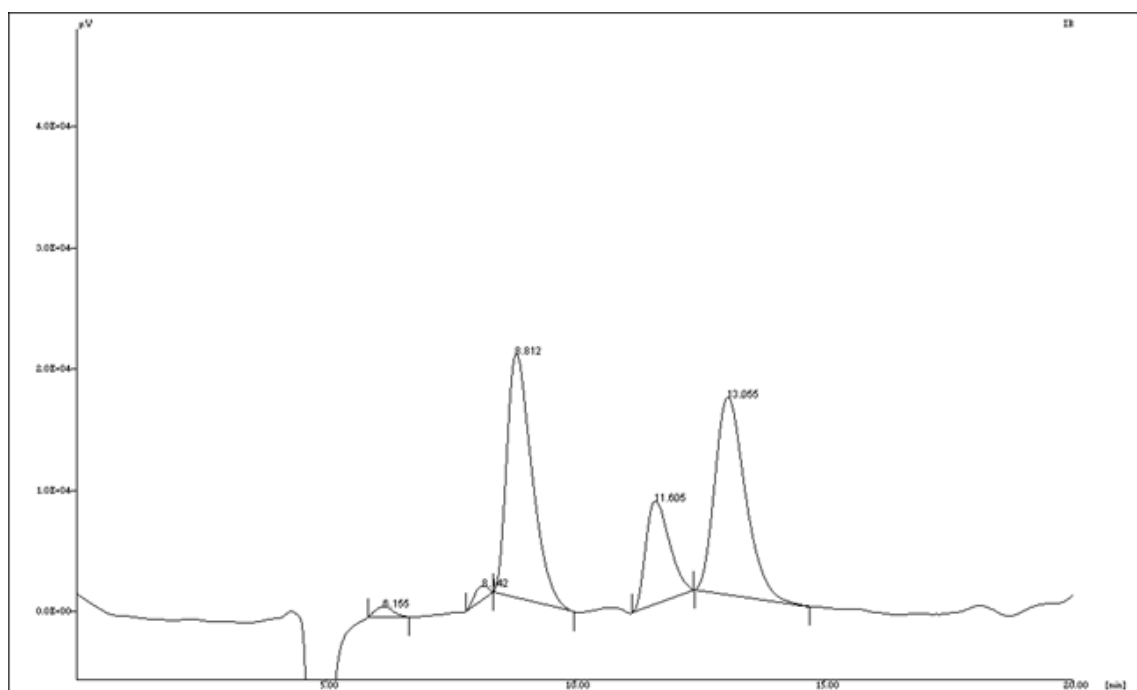


Figura 46. Raminose, frutose, glicose, sacarose, maltose na amostra de cerveja 78/15. Tempo de retenção foi de 6,155; 8,142; 8,812; 11,605; 13,055, respectivamente.



APÊNDICE – I

Apêndice – I.1. Curvas padrões para análise de HPLC dos compostos fenólicos

Figura 47. Curva padrão da Quercetina.

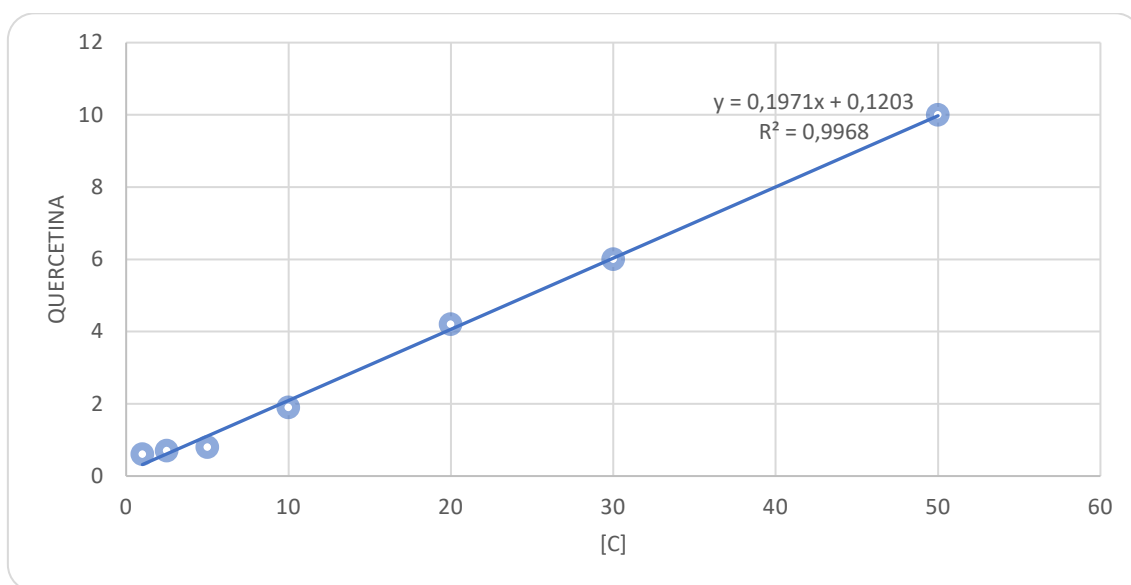


Figura 48. Curva padrão da Astragalina.

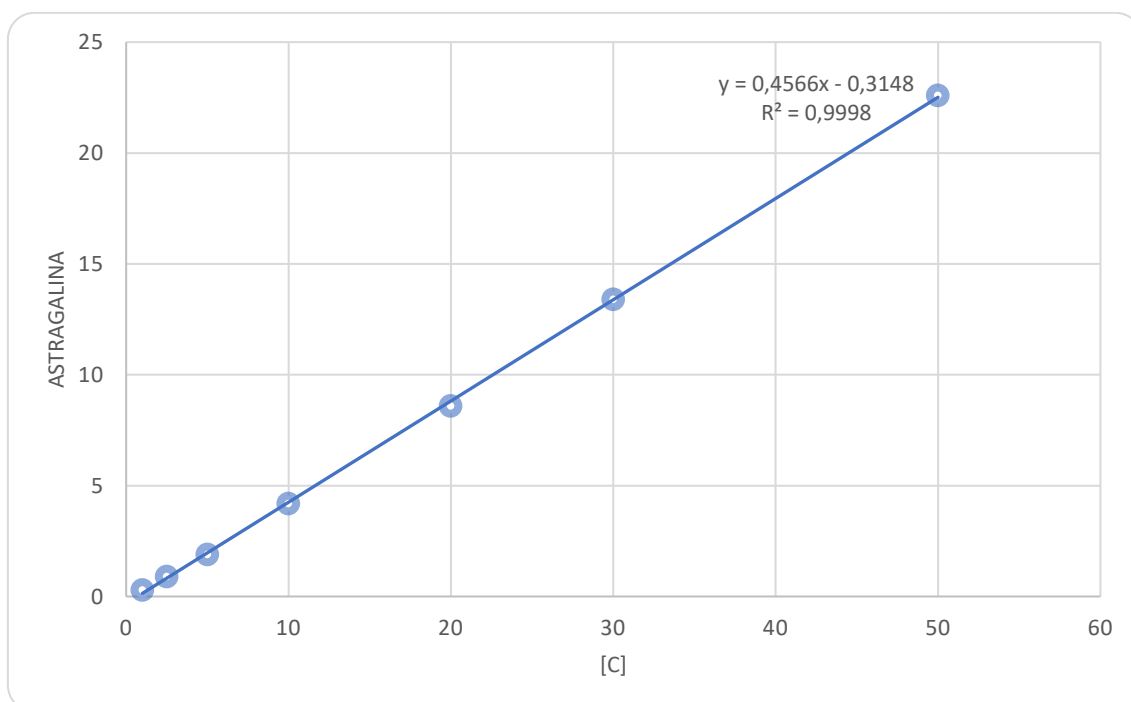


Figura 49. Curva padrão da Isoquercetina.

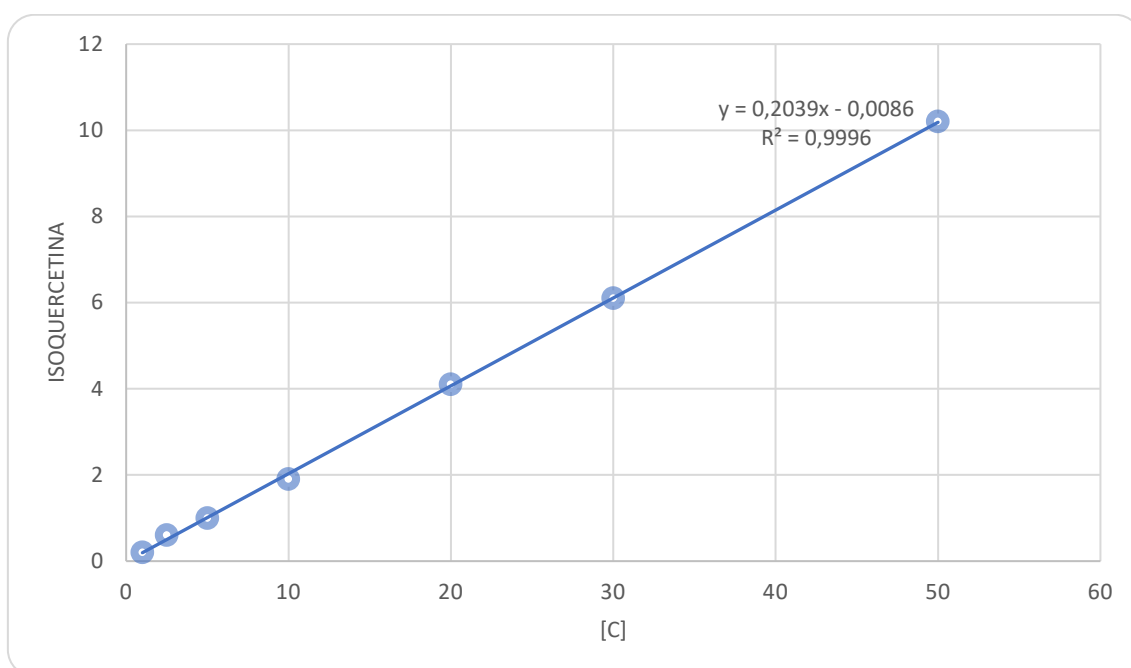


Figura 50. Curva padrão da Rutina.

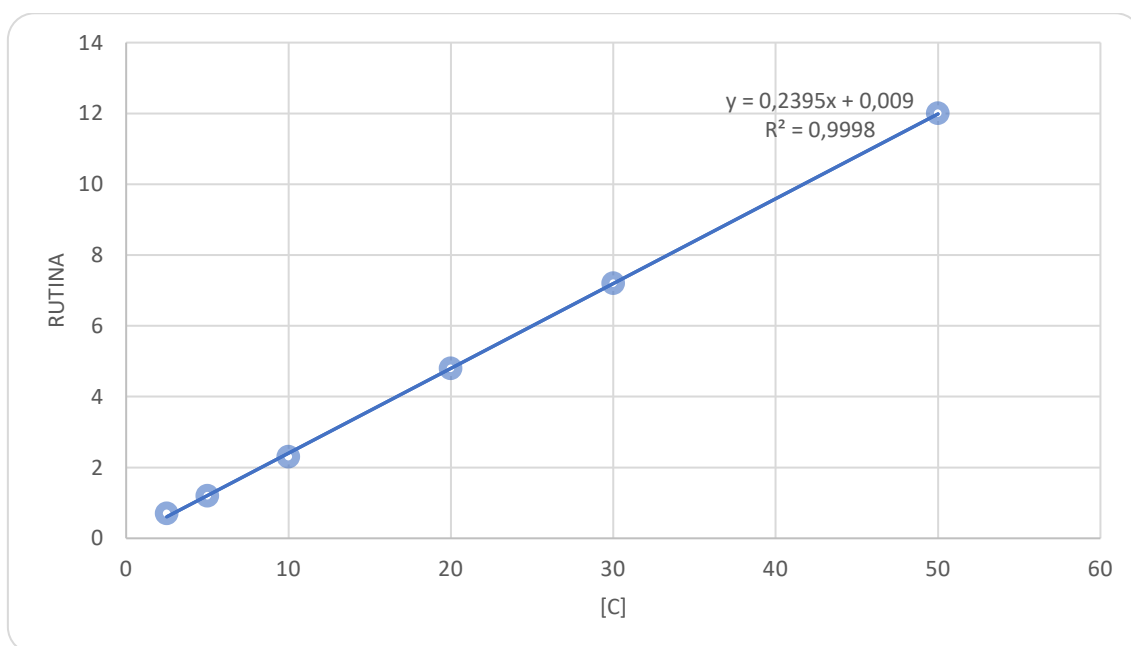


Figura 51. Curva padrão do Ácido Ferúlico.

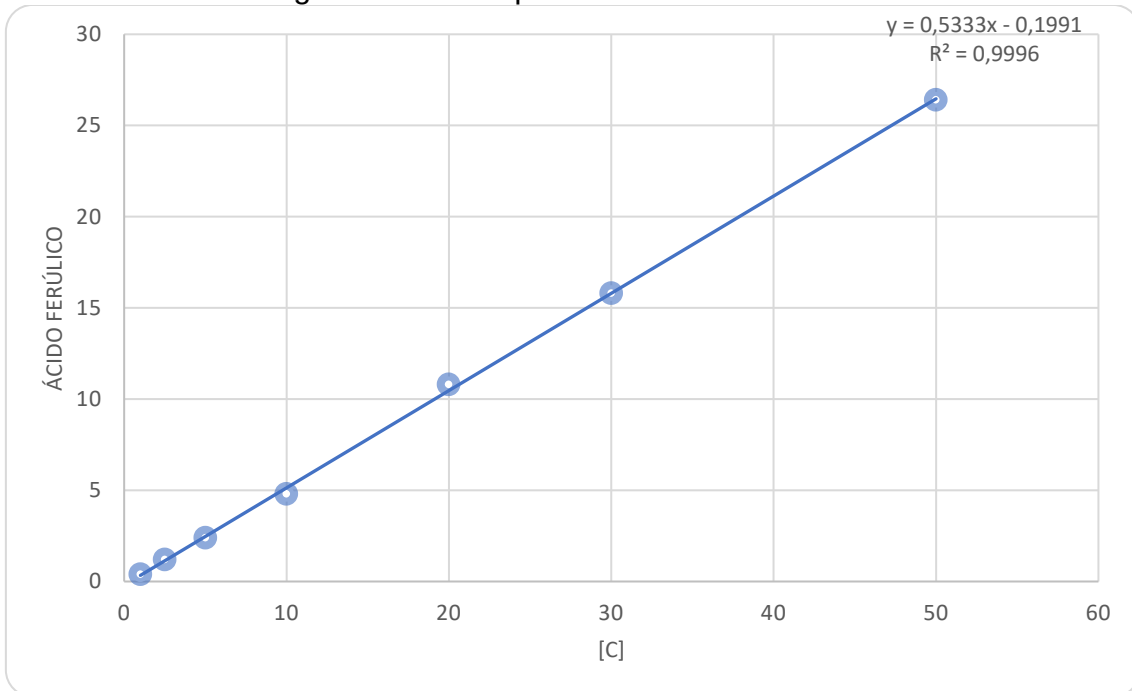


Figura 52. Curva padrão do Ácido Cumárico.

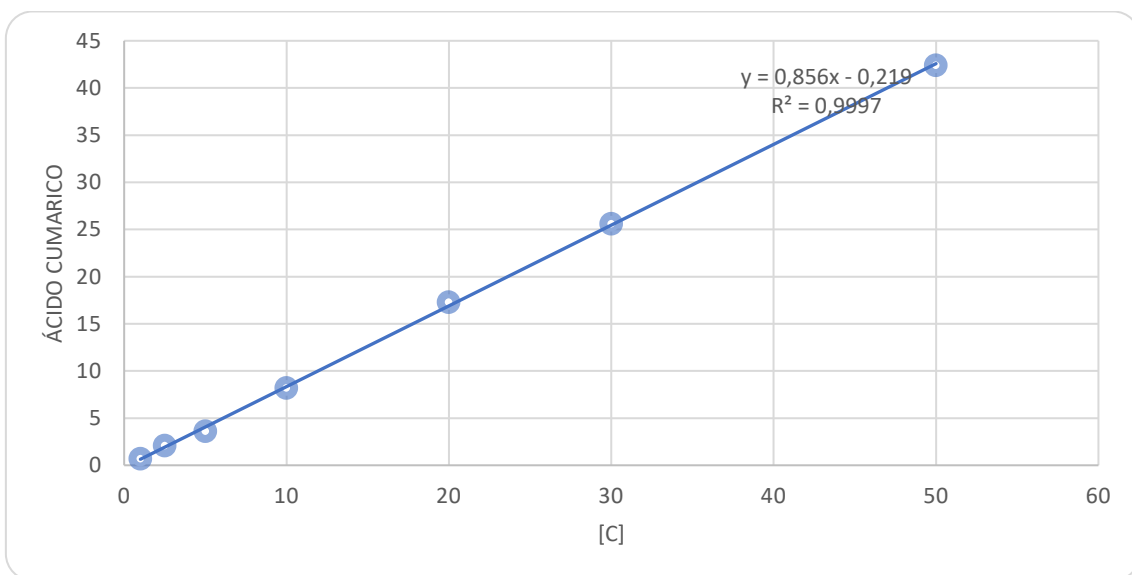


Figura 53. Curva padrão do Ácido Vinílico.

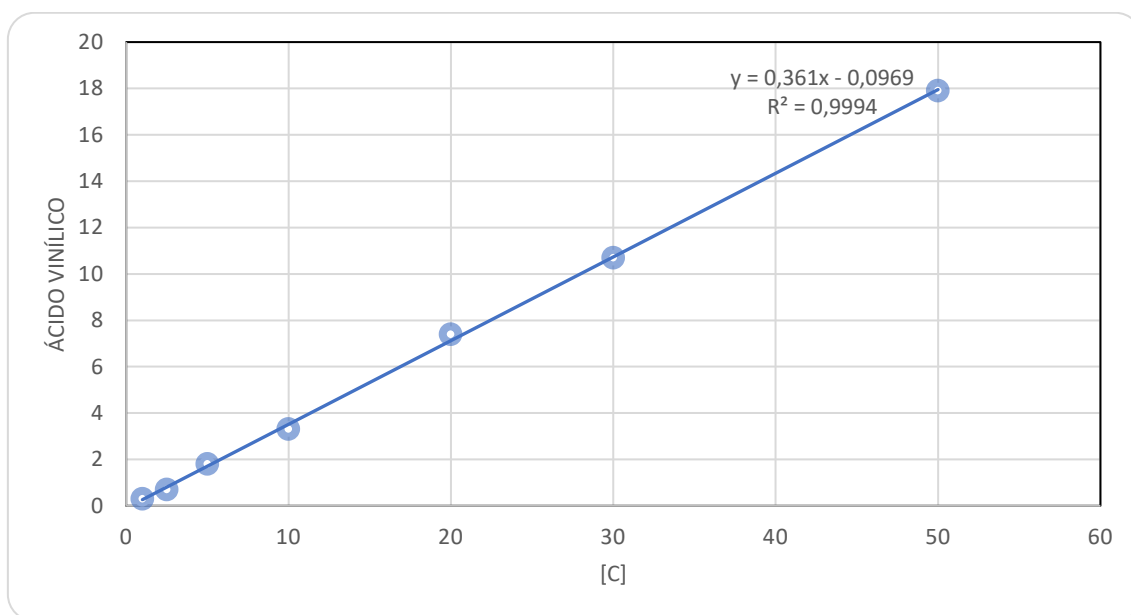


Figura 54. Curva padrão do Ácido Gálico.

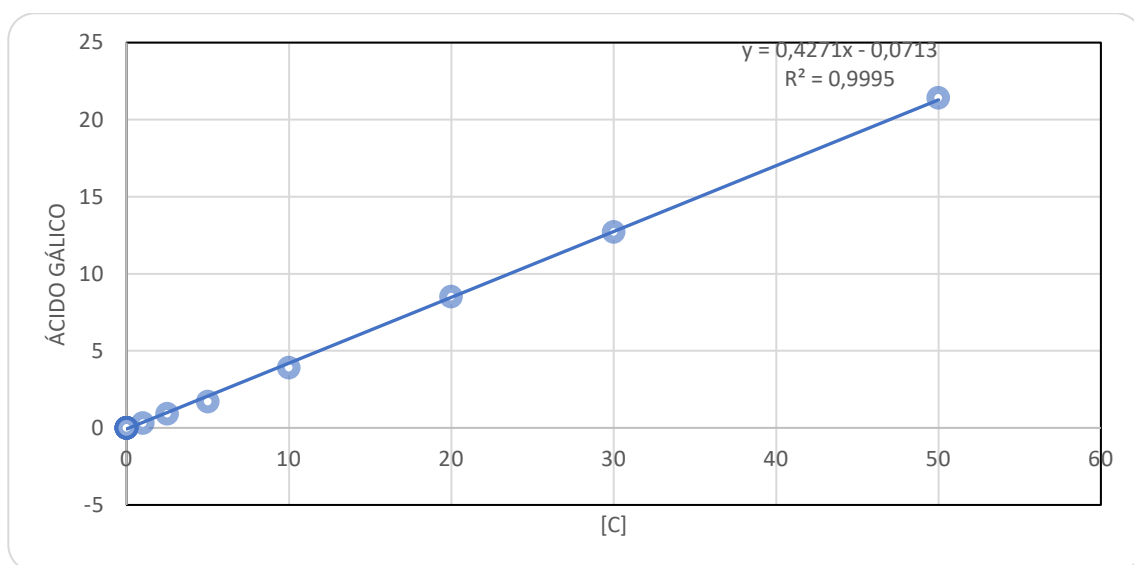
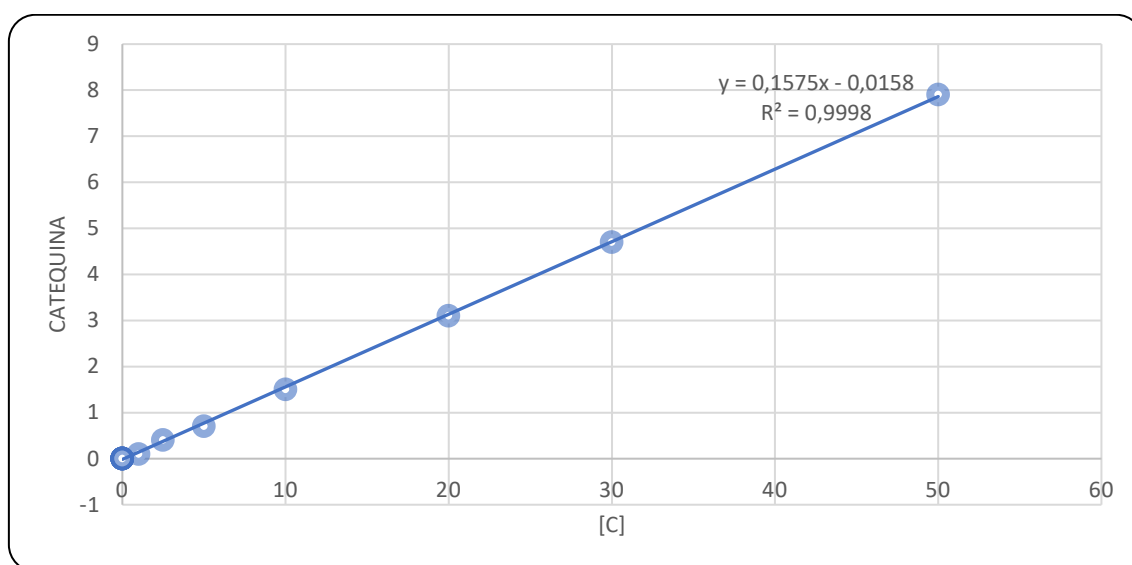


Figura 55. Curva padrão da Catequina.



ANEXO – A

Anexo – A.1. Laudo óleo de buriti da destilaria Bauru

Figura 56. Laudo emitido pela destilaria Bauru sobre o óleo de Buriti.

		
<u>CERTIFICADO DE ANÁLISE</u>		
NOME PRODUTO:	ÓLEO VEGETAL DE BURITI (EXTRA VIRGEM)	
NOME CIENTÍFICO:	<i>Mauritia flexuosa</i>	
CAS:	394239-67-9	
PAÍS ORIGEM:	BRASIL	
MÉTODO DE EXTRAÇÃO:	PRENSAGEM A FRIO	
LOTE:	DBCPFT-BRTPF0118/018-02	
FABRICAÇÃO:	19/08/2021	
VALIDADE:	19/02/2023	
<u>Propriedades Organolépticas</u>		
APARÊNCIA:	Líquido	
ODOR:	Característico	
COR:	Avermelhado	
<u>Propriedades Físico-químicas</u>		
DENSIDADE (25 °C) (g/cm3):	0,900 – 0,920	Resultado: 0,900
ÍNDICE DE ACIDEZ (g/100g):	< 20	Resultado: 3,36
ARMAZENAGEM: Manter recipiente bem fechado, armazenado em local fresco e arejado, ao abrigo da luz. Os frascos são apenas refil, sendo indicado a transferência para embalagem de vidro âmbar.		
PRAZO VALIDADE: Sob condições normais de armazenagem, 18 meses após fabricação.		
<i>Obs: Não contém OGM, sem ingredientes de origem animais e não utilizado para teste em animais!</i>		
Laudo transcrito com informações originais do fabricante e emitido eletronicamente, não necessita de assinatura.		

ANEXO – B

Anexo – B.1. Laudo óleo de curcuma da Baculêrê

Figura 57. Laudo emitido pela Baculêrê sobre o óleo de Curcuma.



CERTIFICADO DE ANÁLISES

NOME DO PRODUTO	EXTRATO OLEOSO DE CURCUMA	CÓDIGO	OSSF-100
NÚMERO DO LOTE	OSSF10019135		
QUANTIDADE	01 Kg		
CLIENTE	UNESP		
DATA / HORA EMISSÃO	27/11/2019 15:29		
DATA DE FABRICAÇÃO	25/11/19		
DATA DE VALIDADE	24/03/20		

1 - FÍSICO-QUÍMICO / OUTROS

DESCRIÇÃO	RESULTADO	ESPECIFICAÇÃO
% CURCUMINA	10,05	10,0 % (± 0,2)
UMIDADE	1,31	MÁX. 4,0
ORGANOLÉPTICO	aprovado	AMARELO INTENSO / ODOR CARACTERÍSTICO

2 - RDC 14 - 28/03/2014

DESCRIÇÃO	RESULTADO	ESPECIFICAÇÃO
CINZAS INSOLÚVEIS EM ÁCIDO	aprovado	MÁX. 1,50%
ÁCAROS MORTOS	aprovado	MÁX. 5,0
MATÉRIAS ESTRANHAS MACROSCÓPICAS/MICROSCÓPICAS	aprovado	AUSÊNCIA EM 50 gr

3 - MICROBIOLÓGICO

DESCRIÇÃO	RESULTADO	ESPECIFICAÇÃO
SALMONELLA	ausente	AUSÊNCIA EM 25g
CONTAGEM TOTAL DE BACTÉRIAS	de acordo	MÁX. 3.000 UFC / g
COLIFORMES FECAIS	de acordo	AUSENTE
BOLORES E LEVEDURAS	de acordo	MÁX. 30 UFC / g

OBS.: HOMOGENIZAR O PRODUTO ANTES DE CADA UTILIZAÇÃO.

PREPARADO POR	APROVADO POR
ELIANA AP. BENTO DA SILVA Assistente de Laboratório Controle de Produção	PAULO SÉRGIO J. FRANCO Eng. Alimentos - CREA/SP 5060714035 Controle de Qualidade

Agro-Industrial Olímpia Ltda.
Fazenda Baculêrê - Caixa Postal 164 - FONE +55 17 3280-2400 - CEP 15400-000 - OLÍMPIA - SP - BRASIL
E-mail: baculere@baculere.com.br - www.baculere.com.br