



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

BEATRIZ PEREIRA BISPO

**DESENVOLVIMENTO DE CERVEJAS DO TIPO ALE PURO MALTE E COM
ADJUNTO DE BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA*) UTILIZANDO LEVEDURA SELVAGEM.**

Palmas/TO
2021

BEATRIZ PEREIRA BISPO

**DESENVOLVIMENTO DE CERVEJAS DO TIPO ALE PURO MALTE E COM
ADJUNTO DE BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA*) UTILIZANDO LEVEDURA SELVAGEM.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à UFT – Universidade
Federal do Tocantins – Campus
Universitário de Palmas, Curso de
Engenharia de Alimentos para obtenção
do título de bacharel.

Orientadora: Dra. Claudia Cristina Auler
do A. Santos

Palmas/TO
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- B622d Bispo, Beatriz P .
 Desenvolvimento de cervejas do tipo ale puro malte e com adjunto de
 buri (Maunitia flexuosa) utilizando levedura selvagem. / Beatriz P Bispo. –
 Palmas, TO, 2021.
 54 f.

 Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus
 Universitário de Palmas - Curso de Engenharia de Alimentos, 2021.
 Orientadora : Claudia Cristina Auler do A. Santos

 1. Cerveja artesanal. 2. Levedura selvagem. 3. Saccharomyces cerevisiae.
 4. Cromatografia. I. Título

CDD 664

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

*“Portanto dele, por Ele e para Ele são
todas as coisas” (Romanos 11: 36a)*

*Este trabalho é dedicado a Deus em
gratidão por ter sido e ser meu sustento
durante todo o caminho percorrido, e à
minha família.*

AGRADECIMENTOS

Pelas misericórdias que se renovam a cada manhã concedidas a mim, sou grata. Grata a Deus por ser meu sustento e descanso na angústia para conseguir chegar até aqui, pois nos momentos mais difíceis era Ele quem mais trazia consolo e aumentava minha fé e esperança. Porque mesmo entender o propósito de tantas coisas que me aconteceram nessa trajetória, Ele tinha o controle e me lembrava de que todas as coisas cooperam para o meu bem.

À minha família, minha mãe Vera Lúcia, meu pai Wellington e minha irmã Millena, muito obrigada por me amarem, por sonharem meus sonhos, pelo incentivo quando descreditei e serem meu porto seguro, vocês são um dos principais motivos por eu estar de pé e é só o começo. Amo vocês.

Agradeço a minha orientadora Prof.^a Claudia pela oportunidade e confiança no desenvolvimento desse projeto e por me apresentar ao maravilhoso mundo da microbiologia. E agradeço também a Ms. Ianna e a equipe do LMA por toda ajuda e disposição ao compartilhar conhecimentos.

Como o sábio Salomão diz “o conselho sincero de um amigo dá encorajamento para viver” (Pv 27:9b) quero agradecer meus amigos pelo carinho, e em especial a Gabriela, que durante toda a graduação esteve ao meu lado partilhando alegrias e tristezas, sem você não seria a mesma coisa (consequimos amiga), obrigada por estar sempre comigo.

Obrigada a todos os docentes e coordenação do curso de Engenharia de Alimentos – UFT pelo conhecimento adquirido e contribuição profissional, vocês são exemplos. À equipe do LMGA pelo companheirismo durante todos os PIBICs desenvolvidos.

Aos meus familiares, pastores, irmãos em Cristo e todos os que torcem pelo meu sucesso, muito obrigada.

O fim deste ciclo é apenas o início de outros que estão por vir, pois os planos de Deus são bem maiores que os meus.

RESUMO

O setor cervejeiro brasileiro tem relevância econômica, sendo constantes as buscas por alternativas e aperfeiçoamento do processo produtivo, de forma a atender as necessidades do consumidor, cada vez mais exigente quanto à qualidade e diversidade da cerveja. Neste sentido, o uso de frutos exóticos como adjuntos no processo cervejeiro e de novas linhagens de levedura têm sido objeto de estudos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de fermentação do mosto cervejeiro pela linhagem selvagem de *Saccharomyces cerevisiae* SC5952 nas cervejas do tipo *Blonde Ale* Belga puro malte e *Fruitbeer* de buriti. Ao longo do processo de fermentação das cervejas foram analisados os parâmetros pH, °Brix, contagem de células viáveis, e após o período de maturação empregado realizou-se a análise cromatográfica para mensuração de etanol e carboidratos. A levedura apresentou boa capacidade fermentativa, verificada pelo consumo eficiente de açúcares na cerveja puro malte, com residuais no mosto para glicose de 8,80%, frutose de 6,88%) e maltose 61%, alcançando o teor alcoólico de 5,98%, pH 4,74 e °Brix de 4,5. Para a cerveja com adjunto de buriti os valores residuais de carboidratos foram de maltose 34,1%, glicose 7,65% e frutose 5,06%, com teor alcoólico de 6,68%, pH 4,57, °Brix 5,0 e concentração de células viáveis de $1,8 \times 10^8$ cél/mL para cerveja com adjunto de buriti, valor superior ao atingido pela cerveja puro malte com $3,5 \times 10^7$ cél/mL. Dessa forma, a levedura selvagem SC5952 demonstrou eficiência fermentativa para ser utilizada na produção de cervejas puro malte e com adjunto de buriti, no consumo dos açúcares fermentescíveis e produção de etanol.

Palavras-chaves: Cerveja artesanal. *Saccharomyces cerevisiae*. Cromatografia. Levedura selvagem.

ABSTRACT

The Brazilian brewing sector is economically relevant, with constant searches for alternatives and improvement of the production process, in order to meet the needs of consumers, who are increasingly demanding regarding the quality and diversity of beer. In this sense, the use of exotic fruits as adjuncts in the brewing process and new yeast strains have been the object of studies. The objective of this work was to evaluate the fermentation capacity of the brewer's must by the wild strain of *Saccharomyces cerevisiae* SC5952 in Blonde Ale Belgian single malt and Fruitbeer de Buriti beers. During the beer fermentation process, the parameters pH, °Brix, viable cell count were analyzed, and after the period of maturation used, the chromatographic analysis was carried out to measure ethanol and carbohydrates. The yeast showed good fermentative capacity, verified by the efficient consumption of sugars in the pure malt beer, with residuals in the must for glucose of 8.80%, fructose of 6.88%) and maltose 61%, reaching an alcohol content of 5.98 %, pH 4.74 and °Brix 4.5. For beer with adjunct of buriti, the residual carbohydrate values were 34.1% maltose, 7.65% glucose and 5.06% fructose, with an alcohol content of 6.68%, pH 4.57, °Brix 5, 0 and viable cell concentration of 1.8×10^8 cells/mL for beer with buriti adjunct, a value higher than that achieved by single malt beer with 3.5×10^7 cells/mL. Thus, SC5952 wild yeast showed fermentative efficiency to be used in the production of pure malt beers and with buriti adjunct, in the consumption of fermentable sugars and ethanol production.

Key words: Craft beer. *Saccharomyces cerevisiae*. Chromatography. Wild yeast.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Malte de cevada (Secção cruzada longitudinal do grão de cevada).	19
Figura 2 - Fruto do buritizeiro (<i>Mauritia flexuosa</i>).	24
Figura 3 - Fluxograma da produção da cerveja puro malte e com adjunto de buriti. (* 10% de buriti adicionado somente na cerveja <i>fruitbeer</i>).	28
Figura 4 - Aquecimento do mosto cervejeiro.	29
Figura 5 - Teste de iodo para verificação da sacarificação a partir da hidrólise do amido.	30
Figura 6 - Polpa de buriti desidratada obtida em feira local.	31
Figura 7 - Desengorduramento da polpa de buriti através de prensa manual.	31
Figura 8 - Etapas do preparo do inóculo de levedura SC5952: tubo contendo 4 mL de caldo ME (Figura 8A), Erlenmeyer com 30 mL de caldo ME (Figura 8B), Erlenmeyer contendo 300 mL de caldo ME (Figura 8C) e tubo Falcon com o inóculo após centrifugação (Figura 8D).	33
Figura 9 - Arrolhador de garrafas de bancada utilizado no envase da cerveja.	35
Figura 10 - Comportamento do pH durante a fermentação das cervejas.	38
Figura 11 - Comportamento do °Brix durante a fermentação das cervejas.	39
Figura 12 - Concentração de células viáveis durante a fermentação das cervejas. .	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de açúcares (maltose, glicose, frutose) e produção de álcool (etanol) durante o processo fermentativo da cerveja puro malte e com adjunto de buriti.

41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BJCP	Beer Judge Certification Program
CLAE	Cromatografia líquido de alta eficiência
CPM	Cerveja puro malte
CAB	Cerveja com adjunto de buriti
IBU	Unidade Internacional de amargor
LMA	Laboratório de Microbiologia Aplicada
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ME	Malt Extract
ND	Não detectado
PIB	Produto Interno Bruto
UFT	Universidade Federal do Tocantins
YEPG	Yeast Extract Peptone Glucose

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Celsius
μm	Micrometro
g	Grama
h	Hora
l	Litro
m	Metros
mg	Miligrama
min	Minuto
ml	Mililitro
N	Normal
nm	Nanómetro
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Parte por milhão
u	Micro
v	Volume
Σ	soma algébrica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. JUSTIFICATIVA	14
2. OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GERAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1. MERCADO CERVEJEIRO NO BRASIL E NOVAS TENDÊNCIAS	16
3.2. MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DA CERVEJA	17
3.2.1. Água cervejeira	17
3.2.2. Malte	18
3.2.3. Lúpulo	19
3.2.4. Levedura	21
3.2.5. Adjuntos Cervejeiros	21
3.2.6. Cervejas frutadas	22
3.2.7. Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i> L.) como adjunto cervejeiro	23
3.3. PRODUÇÃO DA CERVEJA	24
3.3.2. Processo fermentativo	26
3.3.3. Pós-tratamento e envase	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1. PREPARO DA CERVEJA	27
4.1.1. Elaboração do mosto, mosturação e fervura	28
4.1.2. Preparação do inóculo para produção de cerveja	31
4.1.3. Contagem e viabilidade celular	33
4.1.4. Fermentação e maturação das cervejas puro malte e com adjunto de buriti	34
4.2. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS E CROMATOGRÁFICAS DAS CERVEJAS	35
4.2.1. Contagem e viabilidade celular	35
4.2.2. Determinação de pH, °Brix e densidade	35
4.2.3. Quantificação dos açúcares e álcoois	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
6. CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

A geração de bioprodutos formados através do processo de fermentação é antiga. Há cerca de 10 mil anos o homem descobriu acidentalmente a fermentação e começou a empregar esse conhecimento na produção de bebidas alcóolicas, que rapidamente se difundiu. O início da produção da cerveja se deu pelos padeiros que aplicavam o fermento, grãos e cereais. De forma geral, a produção da bebida era realizada ao deixar a cevada de molho até germinar, e, em seguida ela era moída e moldada em formato de bolos, onde seriam adicionados o fermento. Esses bolos eram parcialmente assados e, logo após, eram esfarelados e colocados em jaras contendo água para que pudessem fermentar (BREJAS, 2019).

A cerveja é tida como uma bebida consumida em momentos de lazer e diversão e é produzida por meio do processo de fermentação alcoólica, principalmente, a partir da água, malte, levedura e lúpulo, podendo ser acrescentadas outras matérias primas, para agregar sabor, aroma, textura, cor, entre outras características desejadas (COSTA, 2019).

Analisa-se que existam mais de 20 mil diferentes formulações de cervejas no mundo. Esta variedade ocorre devido a mudanças nas etapas de fabricação da bebida, tais como o tempo e temperatura nas etapas de mosturação, fermentação, maturação e o uso de ingredientes diferenciados como trigo, milho, centeio, arroz, mel, frutas dentre outros que podem modificar o sabor do produto (MACHADO, 2017). Estudo comprova que a adição de outros ingredientes na fabricação de cerveja agrega compostos bioativos, aumentando o valor nutricional da bebida (RAMPAZZO, 2014).

O mercado de cerveja artesanal está em constante crescimento e com alta demanda por novos estilos e sabores de cerveja. Os consumidores exigem sabores mais complexos, além de cerveja com ingredientes naturais não convencionais (JAEGER et al., 2020).

As tendências atuais no mercado cervejeiro envolvem a descoberta de novos sabores que podem ser incorporados à cerveja. E, ainda que o lúpulo seja o ingrediente que mais influencia as características aromáticas, a principal frente de investigação está relacionada com a utilização de espécies e estirpes de leveduras não convencionais no processo. Tanto o desenvolvimento de receitas com uso de

novas estirpes de leveduras selvagens, quanto a exploração do potencial genético de espécies comumente associadas à contaminação mostram-se caminhos promissores para a expansão desse mercado (ENGELKING, 2018; FUNK, 2019).

As frutas são um dos adjuntos possíveis de se utilizar na produção de cerveja artesanal, fornecendo um produto inovador e também sendo uma alternativa em fonte de açúcares para as leveduras realizarem a fermentação alcoólica. Estas fontes alternativas de açúcares geralmente diminuem o custo produtivo da cerveja, pois a cevada malteada na maioria das vezes apresenta maior custo em relação aos adjuntos. O uso de frutas exóticas na produção de cerveja artesanal é interessante pelo processo inovador, além de introduzir frutos pouco explorados na tecnologia de fermentações (RIBEIRO, 2018).

O estudo de leveduras selvagens para a produção de cerveja e adição de fruta em sua composição, além de possibilitar a exploração sustentável de recursos da biodiversidade nacional, até então pouco estudados para esta finalidade, contribui para o desenvolvimento científico e tecnológico do setor, além de possibilitar a geração de novos produtos.

1.1. JUSTIFICATIVA

O crescimento do mercado cervejeiro no Brasil nos últimos anos é responsável por 1,6% do PIB e 14% da indústria de transformação nacional, segundo CervBrasil (2019), e que chama atenção para a importância de inovações nas cervejas produzidas no país. Contudo, poucos estudos investigam a utilização de leveduras selvagens e de frutos exóticos do cerrado brasileiro no processo cervejeiro para agregação de valor sensorial e nutricional.

Desta forma, o trabalho se justifica pelo fato de que se deve estudar formas de utilização sustentável da biodiversidade de leveduras selvagens e de frutos exóticos disponíveis em solo brasileiro, afim de gerar novos produtos, estimular a produção e o consumo de cervejas artesanais para movimentar a economia regional e posicionar melhor o país no cenário de produção de boas cervejas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso da levedura selvagem *Saccharomyces cerevisiae* SC5952 no processo de produção de cerveja, através de sua capacidade de fermentação do mosto cervejeiro. Ademais, avaliou-se o uso do buriti (*Mauritia flexuosa*) como adjunto no processo cervejeiro.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a capacidade de fermentação do mosto cervejeiro pela linhagem *Saccharomyces cerevisiae* SC5952;
- Realizar análises físico-químicas e microbiológicas durante a fermentação da cerveja: pH, Brix° e contagem das células viáveis;
- Produzir cerveja do tipo *Blonde Ale Belga* puro malte e *Fruitbeer* com adjunto de buriti;
- Determinar os teores de carboidratos e etanol durante fermentação das cervejas.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. MERCADO CERVEJEIRO NO BRASIL E NOVAS TENDÊNCIAS

Segundo a Instrução Normativa Nº 65, de 10 de dezembro de 2019 cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte, podendo ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro. A cerveja poderá ser adicionada de ingrediente de origem vegetal, de ingrediente de origem animal, de coadjuvante de tecnologia e de aditivo a serem regulamentados em atos específicos (BRASIL, 2019).

O Brasil é o 3º maior produtor de cerveja do mundo, atrás apenas de China e Estados Unidos, segundo pesquisa publicada em 2020 pela Barth-Haas Group. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CervBrasil), a produção nacional é de aproximadamente 14 bilhões de litros por ano e representa 1,6% do Produto Interno Bruto (PIB), com faturamento de R\$100 bilhões/ano e geração de 2,7 milhões de empregos. Em 2020, o Brasil chegou a um total de 1.383 cervejarias registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), um aumento de 14,4% em relação ao ano anterior, segundo o Anuário da Cerveja 2020 (MAPA, 2021).

As cervejas artesanais não são definidas pela legislação brasileira, mas são produzidas com distinção quando comparadas com as cervejas comerciais mais populares. Sabe-se que a sua elaboração produz uma maior diversidade de tipos de cerveja que se caracterizam por ser um produto de aroma e sabor mais pronunciados que as demais (KLEBAN; NICKERSON, 2012).

A cerveja artesanal vem crescendo na indústria de bebidas e sua popularidade também afeta as preferências comerciais de cerveja e as tendências de consumo. É perceptível a importância do estudo da indústria de bebidas no ramo de cervejas artesanais, pois é um segmento em forte expansão a nível mundial. Geralmente os consumidores adeptos dos produtos artesanais buscam apreciar cervejas com novos aromas e sabores (TOZETTO, 2017).

O setor de fabricação de cerveja é confrontado com uma crescente demanda por produtos inovadores, e difundir o uso de culturas selvagens, fermentação espontânea, ou utilizada de leveduras não-*Saccharomyces*, leva à produção de

produtos diferenciados, o que representa uma nova abordagem biotecnológica para atingir as características de cerveja e produzir diferentes ou mesmo totalmente novos estilos de cerveja (CAPECE et al., 2018).

A produção de cerveja artesanal pode conter como base a adição de adjuntos, elementos que contribuem para obtenção de uma cerveja diferente da tradicional, e há séculos frutos têm sido usados como adjuntos cervejeiros. Visto que o mercado de cervejas está em crescimento para elas, verificado pelo fato de serem mais doces e ácidas que as convencionais. Além do mais, o incremento destas frutas na formulação possibilita no Brasil o incentivo de consumo, por agradar o paladar de consumidores iniciantes ou até mesmo apreciadores do estilo artesanal (SILVA, 2020).

3.2. MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DA CERVEJA

3.2.1. Água cervejeira

A água é o principal componente na produção de cerveja, representa entre 90 a 95% do volume final, além disso, influencia diretamente no produto, devido às suas características. Os íons (hidrogênio) da água têm uma função fundamental na formação do mosto, pois ajudam na nutrição das leveduras, influenciam no pH, na sedimentação de proteínas e além do mais, podem ter um efeito no aroma da cerveja, mas em elevadas concentrações podem causar inibição das leveduras ou contribuir para aromas indesejáveis na cerveja (MACHADO, 2017).

Devido a quantidade elevada de água utilizada nas etapas do processo da cerveja, muitas cervejarias necessitam, por fins logísticos e econômicos, se instalarem próximas a rios, lençóis subterrâneos, lagos e fontes. Em razão das diferentes formas possíveis de captação, a água obtida apresenta características diferentes, devido a diversos tipos de substâncias e minerais dissolvidos, tais como cloreto, magnésio, cálcio, metais pesados, bicarbonato e sulfato (NUNES, 2021). Porém, com tecnologias e suprimentos de água misturados, os cervejeiros conseguem ajustar, de acordo com sua necessidade, as propriedades da água (OLIVER, 2012).

De uma forma geral, pode-se estimar que a água ideal para fabricação de cervejas possui pH na faixa de 6 a 7, menos de 1 mg/L de ferro, de 250 a 500 mg/L de sulfato de cálcio, de 200 a 300 mg/L de cloreto de sódio, menos de 100 mg/L de carbonato de cálcio. Essas características são importantes, uma vez que, conforme

a dureza da água, tipos diferentes de cervejas podem ser produzidas. Desta forma, água levemente duras são as mais indicadas para fabricar a cerveja tipo *Lager*, como a Pilsen, e para as tipo *A/e*, indica-se águas mais leves. Quando a água possui teores elevados de carbonato, na faixa de 200 a 300 ppm, ocasiona a obtenção de cervejas de cores mais escuras e sabor mais forte, caracterizadas como as cervejas tipo Munique (NUNES, 2021).

Para produção de cerveja a água deve ser livre de impurezas, filtrada, sem cloro, sem sabor e cheiro, inócua e livre de contaminações. Além disso, o controle do pH da água é essencial, pois pH alcalino poderá acarretar a dissolução de materiais existentes no malte e nas cascas dos cereais, o que não é desejável no processamento da bebida. Sendo o ideal um pH ácido em torno de 5,3 a 5,5 no mosto, facilitando a atividade enzimática do grão do cereal, com isso aumentando no rendimento de maltose, e consequentemente, um maior teor alcoólico (TOZETTO, 2017).

3.2.2. Malte

Malte é a matéria prima que em condições controladas é obtida da germinação de qualquer cereal, sendo mais comum o malte da cevada (MACHADO, 2017). As seguintes etapas definem o processo de malteação: maceração, germinação e secagem dos grãos. Na etapa de maceração coloca-se os grãos imersos em água sob temperatura controlada até atingirem 45% de umidade. Na germinação, geralmente se faz o aquecimento do grão com ar quente, que além de amolecer os grãos para facilitar a moagem também está relacionado à liberação e ativação das enzimas responsáveis pela quebra do amido durante a mosturação. Já na etapa de secagem acontece a redução de umidade e a germinação é cessada pela elevação da temperatura, tendo maior controle para não inativar as enzimas (TRINDADE, 2016).

As enzimas de maior relevância presentes no malte são as α -amilase, β -amilase e protease. A α -amilase e a β -amilase agem em mostos ácidos, condição que tem relação direta com o rendimento, ou seja, extração de açúcares fermentescíveis. Na etapa de mosturação são formados os açúcares fermentescíveis, que serão usados pelas leveduras para a produção do etanol da cerveja (TRINDADE, 2016). Além disso, o malte fornece cascas, utilizadas para

auxiliar no processo de filtração na clarificação do mosto cervejeiro (VENTURINI FILHO, 2010).

O grão de cevada (Figura 1) está dividido em três partes: o gérmen, do qual nascem a plúmula, o caulículo e as radículas; o endosperma, constituído por células contendo grânulos de amido; e os revestimentos do grão, nomeadamente a testa, o pericarpo e duas camadas de casca. O endosperma encontra-se pela aleurona que consiste numa camada de células ricas em proteínas nas quais se encontram depositadas gorduras, polifenóis e substâncias corantes.

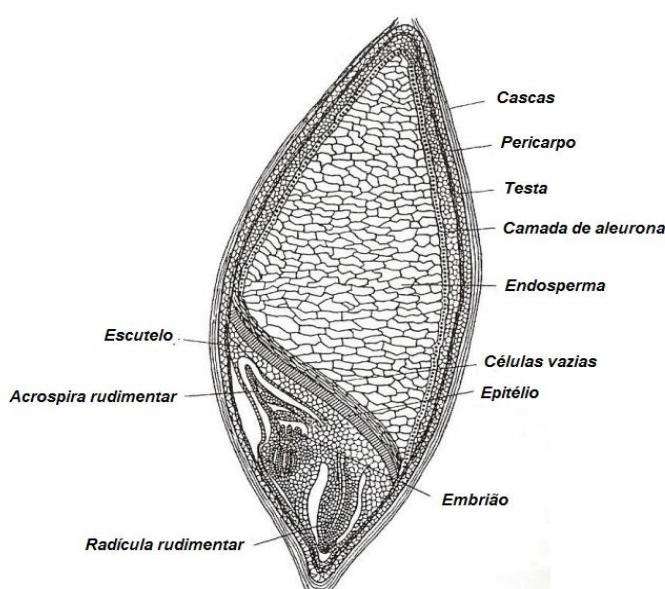


Figura 1- Malte de cevada (Secção cruzada longitudinal do grão de cevada).

(FONTE: Kunze, 1999)

Existem vários tipos de malte, dependendo das condições de umidade e temperatura a que é realizada a maltagem, que influenciam a cor e o aroma característicos das diferentes cervejas (ESTEVINHO, 2015).

3.2.3. Lúpulo

Humulus lupulus Linnaeus é o nome científico da espécie pertencente à ordem das Rosales e à família Cannabaceae. O gênero *Humulus* é composto por três espécies, *H. lupulus*, *H. japonicus* e *H. yunnanensis* mas, apenas o *H. lupulus* e

o *H. japonicus* são cultivados em larga escala com finalidade comercial (DURELLO; SILVA; BOGUSZ, 2019).

Para comercialização são utilizadas apenas as flores femininas não fertilizadas, já as masculinas são usadas somente para hibridação e desenvolvimento de novas variedades. Isso acontece devido às flores femininas conterem uma substância chamada lupulina, responsável por conferir amargor, propriedades antioxidantes e aroma. Além dessa utilização na área de bioprocessos, o lúpulo possui uma ampla atuação de aplicações, tanto na saúde como também na área ambiental (NOVAES et al., 2019).

Entre as resinas que constituem o sabor amargo do lúpulo, destacam-se os α -ácidos por apresentarem alto potencial de amargor. A solubilidade dos α -ácidos é dependente do pH do meio e no mosto essas substâncias não se dissolvem de forma eficiente. Portanto, elas são submetidas ao processo de fervura junto ao mosto, no qual sofrem isomerização (EßLINGER e NARZIß, 2010). Outro grupo de compostos precursores de amargor classificados como resinas são os β -ácidos. Estes também apresentam baixa solubilidade no meio, mas, diferente da porção α , não sofrem o processo de isomerização. O resultado é uma menor contribuição para o sabor amargo da cerveja (ALMAGUER et al., 2014). Dependendo das características de sabor e aroma desejadas para o produto final, a adição do lúpulo pode ocorrer em diferentes momentos do processo. Os compostos fenólicos apresentam uma vasta classe de compostos, com diferentes características químicas. Constituem em média 4% da massa seca das flores do lúpulo e junto com os compostos fenólicos presentes no malte, são responsáveis pela atividade antioxidante do mosto cervejeiro e da cerveja, protegendo-os dos processos oxidativos (WANNENMACHER et al., 2018).

Os compostos fenólicos de baixa massa molar agem principalmente como antioxidantes, sequestradores de radicais livres, inibidores de lipoxigenases e quelando metais de transição envolvidos no processo oxidativo. Entretanto, os compostos fenólicos de alta massa molar podem formar complexos com as proteínas, promovendo uma instabilidade coloidal na bebida, causando turbidez e nebulosidade (DURELLO et al., 2019).

3.2.4. Levedura

A *Saccharomyces cerevisiae* é um microrganismo unicelular, pertencente à família *Saccharomycetaceae*, ela se destaca por suas características morfológicas e fisiológicas. Na produção de cerveja tem como função converter o açúcar do mosto em CO₂ e álcool na etapa de fermentação (TRINDADE, 2016).

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* geralmente tem forma elipsoide com diâmetro de 5 a 10 µm. Se desenvolve em temperaturas altas e ambientes ácidos, durante a fermentação alcoólica, sendo de 20 °C a 30 °C e pH entre 4,5 e 6,5, respectivamente (WALKER; STEWART, 2016).

Há dois principais tipos de cerveja, sendo eles *Lager* e *Ale* e, são as leveduras as responsáveis por classificar o tipo de produto final. As leveduras do tipo *Lager* são, geralmente, da espécie *Saccharomyces pastorianus* sendo de baixa fermentação com temperatura ótima que varia entre 7 e 15°C, levando de 7 a 10 dias para o final da fermentação, floculando e sendo coletada na base do fermentador ao fim do processo. As leveduras do tipo *Ale* são, majoritariamente, da espécie *Saccharomyces cerevisiae* e são de alta fermentação, fermentando de 3 a 5 dias com temperaturas entre 18 e 22°C. As células de leveduras empregadas na cerveja do tipo *Ale* sobem à superfície do fermentador, formando uma superfície espessa de biomassa (FIGUEIRÊDO, 2017).

A qualidade do produto final está diretamente relacionada ao desempenho das leveduras cervejeiras durante o processo de fermentação. Contudo, o desempenho das leveduras pode ser influenciado e controlado por fatores como a escolha adequada da cepa que será utilizada na etapa de fermentação, condições de temperatura, pH, densidade do mosto e disponibilidade nutricional. Além disso, melhoramentos genéticos são realizados nas leveduras com o objetivo de atingir propriedades desejáveis para a fermentação, deste modo, algumas cervejarias têm suas leveduras como segredo de produção (FIGUEIRÊDO, 2017).

Vale ressaltar que além das leveduras *Ale* e *Lager*, é possível a utilização de leveduras autóctones, consideradas selvagens (COELHO NETO et al., 2020).

3.2.5. Adjuntos Cervejeiros

A legislação brasileira, no decreto nº 9.902, de 8 de julho de 2019, também relata que a cerveja poderá ser adicionada de ingrediente de origem vegetal, de

ingrediente de origem animal, de coadjuvante tecnológico e de aditivo a serem regulamentados em atos específicos e os ingredientes devem ser listados no rótulo da cerveja (BRASIL, 2019).

Morado (2009) afirma que o adjunto ou aditivo mais comum é o açúcar, que pode ser de cana, de beterraba ou de milho. O açúcar é facilmente fermentado e pode levar à cerveja com maior teor alcoólico, sem encorpar a bebida. Podendo adicionar também fruta ou seu suco para provocar uma segunda fermentação e incorporar novos sabores à cerveja.

A busca por ingredientes diferenciados como fonte de açúcares, compostos bioativos, ou características sensoriais atraentes, vem crescendo cada vez mais na elaboração de cervejas artesanais (DORDEVIC et al., 2016). Nesse sentido, o uso de frutas na produção de cerveja é uma das tendências mais proeminentes que podem ser vistas globalmente, em pequenas cervejarias artesanais locais, cervejarias industriais e muitos trabalhos de pesquisa recentes (NARDINI e GARAGUSO, 2020).

Estudo demonstra que a adição de outros ingredientes à cerveja, podem levar a um aumento no valor nutricional, além de agregar valor ao produto. Como o de Ducruet et al. (2017) que acrescentaram gojiberry, na formulação da cerveja obtendo um aumento da capacidade antioxidante do produto elaborado e cerca de duas vezes o teor de compostos fenólicos. De acordo com pesquisas, a maioria das cervejas produzidas com aditivos de frutas tem uma concentração mais alta de polifenóis, atividade antioxidante aumentada, aroma melhorado e um teor mais alto de compostos voláteis (KAWA- RYGIELSKA et al., 2019; GASIŃSKI et al., 2020; SALANŢĂ et al., 2020).

3.2.6. Cervejas frutadas

A cerveja com fruta é um estilo de cerveja muito peculiar, que requer um casamento harmonioso entre as frutas e a cerveja. O estilo parte de uma cerveja base, a qual se adiciona um determinado tipo de fruta, na intenção de melhorar o aroma e sabor, além de ser uma fonte de vitaminas e antioxidantes, obtendo uma bebida diferenciada, geralmente superior ao estilo base (RINALDI, 2021).

No ano de 2018, o Brasil teve seu primeiro estilo de cerveja reconhecido pelo Beer Judge Certification Program (BJCP), a cerveja do estilo Catharina *Sour*. A

Catharina Sour é uma cerveja de alta fermentação, leve e refrescante, com teor alcoólico entre 4 e 5,5%, amargor imperceptível, com acidez láctica limpa que é equilibrada pela adição de frutas frescas e pouco adstringente. Sua coloração pode variar de acordo com a fruta adicionada e/ou especiaria utilizada, sendo que as características da fruta devem estar evidenciadas, não remetendo a sabor artificial e nem cozido. Deve apresentar um colarinho médio a alto e uma boa retenção de espuma, amargor baixo entre 2 – 8 IBU (*International Bittering Units* /Unidades Internacionais de Amargor) e a carbonatação moderadamente alta (BJCP, 2018).

3.2.7. Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) como adjunto cervejeiro

O buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L.) é uma palmeira pertencente à família Arecaceae, que pode alcançar 30 metros de altura e floresce principalmente nos meses de abril a agosto. Essa espécie é encontrada em terrenos alagados e brejos de regiões de climas tropical e subtropical. No Brasil, essa espécie ocorre principalmente nos estados do Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Goiás, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso, Ceará, Maranhão, Piauí e Tocantins (Batista et al., 2012; Ferreira et al., 2021).

O buriti (figura 2), é revestido por uma fina camada de polpa amarela, consumida na forma de sucos, doces, sorvetes, picolés, geleias e vinhos (PEZOTI et al., 2014; RESENDE et al., 2019; RUDKE et al., 2019). A polpa do fruto é conhecida por ser rica em carotenoides, vitaminas, ácidos graxos insaturados e fibras (CÂNDIDO et al., 2015; MILANEZ et al., 2018; CRUZ et al., 2020). A época de frutificação varia de uma região para outra, mas geralmente ocorre entre os meses de dezembro a junho (PEZOTI et al., 2014; CÂNDIDO; SILVA; AGOSTINI-COSTA, 2015; RESENDE; FRANÇA; OLIVEIRA, 2019;).



Figura 2 - Fruto do buritizeiro (*Mauritia flexuosa*).
(Fonte: Amazon Forest Trading, 2018)

Sandri et al. (2017) estudaram as características encontradas na polpa de Buriti. O resultado das análises centesimais mostrou que a polpa apresentou maior quantidade de lipídeos (20,92%) e fibras (8,56%), enquanto a quantidade de carboidratos total foi de 7,28% e de proteína 2,97%. O valor energético total foi de 229,28 kcal a cada 100g de polpa úmida.

3.3. PRODUÇÃO DA CERVEJA

Os diferentes estilos cervejeiros são subdivididos de acordo com alguns fatores, como a densidade original, a coloração, a porcentagem de teor alcoólico, o amargor, o fermento utilizado, o tipo de fermentação e a proporção de malte de cevada, sendo, de forma geral, classificados de acordo com as principais escolas cervejeiras: inglesa, alemã, belga e americana (BJCP et al., 2015).

Existem três principais tipos de classificação de cerveja (*Ale*, *Lager* e *Lambic*). As *Ales* apresentam uma fermentação que ocorre na superfície do fermentador (alta fermentação), e utilizam leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* produzindo cervejas mais encorpadas, com sabores mais complexos e variadas. As *Lagers* são cervejas cuja fermentação ocorre no fundo (baixa fermentação), na qual a levedura utilizada é da espécie *Saccharomyces pastorianus*, sendo que as cervejas desta classe apresentam aromas neutros e limpos, além de visual mais clarificado (AQUARONE et al., 2013). Por fim, as cervejas da classe *Lambic*, de fermentação

espontânea, são aquelas que utilizam leveduras selvagens do próprio ambiente, e caracterizam-se por sabores levemente ácidos e aromas altamente frutados (DANIELS, 2000).

3.3.1. Preparo do mosto

A moagem consiste na quebra do grão de malte ocasionada por uma ação mecânica, essa quebra expõem o endosperma facilitando a ação das enzimas sobre o amido presente nele. A moagem deve ser “grosseira”, para que a casca fique a mais intacta possível, em razão de facilitar o processo de clarificação do mosto (HOMINI LÚPULO, 2021). Dessa maneira, quanto menor a partícula do malte, maior será a superfície que pode sofrer ação das enzimas, maior será a decomposição dos componentes do malte, mais rápida será a velocidade de hidratação na mosturação, mais rápido as substâncias solúveis pré formadas se dissolvem e melhor será o extrato na filtração (COSTA, 2014).

Após a moagem, é realizada a etapa de mosturação ou brassagem. Essa etapa envolve a mistura do malte moído com a água, destacando maior controle de temperatura e tempo, pois tem o objetivo de contribuir com as reações bioquímicas que são necessárias no processo (TOZETTO, 2017). A mosturação pode ser realizada pelo processo de infusão onde a mistura é aquecida a uma certa temperatura e mantida por um tempo, em seguida a mesma é elevada e assim até chegar na temperatura final desejada a ser alcançada (ARAÚJO, 2016). Na faixa entre 40 e 45 °C ocorre a ativação enzimática, nesse momento o amido começa a se solubilizar; entre 50 e 55 °C inicia-se a proteólise, onde as proteínas são reduzidas a cadeias menores e aminoácidos, nessa etapa regula-se a espuma e o brilho da cerveja; entre 60 e 72 °C ocorre a quebra do amido em açúcares fermentáveis e não-fermentáveis; na faixa entre 76-78 °C as enzimas são inativadas (MORADO, 2009).

A próxima etapa consiste na filtração. Onde é realizada a separação da parte sólida, chamada de bagaço de malte, e a parte líquida do mosto cervejeiro (TOZETTO, 2017). A filtração geralmente é realizada em duas etapas. Inicialmente, a fração líquida passa o leito filtrante, dando origem ao mosto primário. Já na segunda etapa, o resíduo sólido é lavado com água a 80°C, tendo como objetivo a recuperação do extrato que fica retido na torta de filtro, e assim aumentando o rendimento do processo (CURI, 2006).

O próximo estágio consiste na fervura do mosto onde ocorre a desnaturação proteica, a concentração do mosto, a eliminação de compostos sulfurosos, a esterilização e o escurecimento do mosto, através da reação de *Maillard* que é uma reação enzimática entre carboidratos e aminoácidos. Além disso, também ocorre a adição do lúpulo, que geralmente é feita em duas etapas: sendo no início da fervura, para conferir o amargor e ao final da fervura, com a função de conferir o aroma característico da cerveja. Esse processo normalmente leva de 60 a 90 minutos e em torno de mais 30 minutos para o aquecimento do líquido (TOZETTO, 2017).

Após a fervura a próxima etapa é o resfriamento, que tem por objetivo reduzir a temperatura do mosto de 95°C para 25°C, temperatura ideal de inoculação para cervejas de alta fermentação.

3.3.2. Processo fermentativo

Para que o mosto se transforme em cerveja é preciso que os açúcares nele presentes sejam fermentados a etanol e dióxido de carbono. Esse processo também resulta na formação de subprodutos que terão um efeito considerável no sabor, aroma e outras propriedades características da cerveja (KUNZE, 2004). Com exceção do tempo e da temperatura, o perfil da fermentação é o mesmo tanto para *Ales* quanto para *Lagers* e pode ser descrito por três fases: fase de latência, fase de fermentação e fase estacionária.

Após a inoculação é observada a fase de latência, na qual as leveduras passam por um período de aclimatação e aparentam não possuir atividade, apesar de estarem metabolicamente ativas. No período seguinte é produzida nova biomassa, já que a presença de maltose no meio garante energia suficiente para o crescimento celular e reprodução. Após o estoque de glicose se esgotar, as células alteram para a via metabólica fermentativa na qual o restante dos açúcares fermentáveis será utilizado para produção de etanol e CO₂. Por fim, o processo fermentativo se encerra com a redução da concentração de nutrientes do mosto. Assim, as leveduras iniciam um período de senescência e começam a flocular, o que indica que a fermentação chegou ao fim (LIVENS, 2016).

O processo dura cerca de 5 a 7 dias, e a chamada cerveja "verde" será obtida como produto.

3.3.3. Pós-tratamento e envase

O processo pós fermentativo se inicia com uma fase de condicionamento. Na presença de leveduras viáveis se inicia uma fermentação secundária, na qual são consumidos os açúcares residuais ou os açúcares adicionados na etapa chamada de *priming*, formando etanol e CO₂. Com o tanque de maturação selado, o gás carbônico sob pressão satura o meio e promove a carbonatação natural da cerveja (BOULTON, 2013; EßLINGER, 2009). Esse açúcar passa pelo processo de inversão (sendo fervido por algum tempo para que a sacarose se transforme em glicose e frutose, e em baixo pH para que não haja caramelização) (MORADO, 2009).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Microbiologia de Alimentos (LMA) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Palmas, em parceria com os Laboratórios de Microbiologia Aplicada (LAMA) e Laboratório de Tecnologia de Carnes.

4.1. PREPARO DA CERVEJA

A produção das cervejas puro malte de cevada e com adjunto de buriti, ambas de alta fermentação do tipo *Blonde Ale* Belga e *Fruitbeer* – teor alcoólico (6,0 – 7,5%), foi realizada com as seguintes características pretendidas: extrato original (primitivo) de 1.062 – 1.075 (g/mL), gravidade final de 1.008 a 1.018 e Unidade Internacional de amargor (IBU) de 15,0 a 30,0.

Foi utilizado malte Pilsen Argentino Cargil, lúpulo Willamette em pellet T90 classificado como aromático com 5,7% de Alfa ácido e para a produção do mosto, a determinação da quantidade de malte, lúpulo e água foi calculada segundo a metodologia definida por Daniels (2000).

A produção da cerveja pode ser dividida em operações essenciais como: produção do mosto, processo fermentativo e acabamento ou pós-tratamento, onde estão envolvidas diversas reações químicas e bioquímicas, necessitando de um cuidadoso acompanhamento (MORADO, 2009). O fluxograma de processamento pode ser observado a seguir na figura 3.

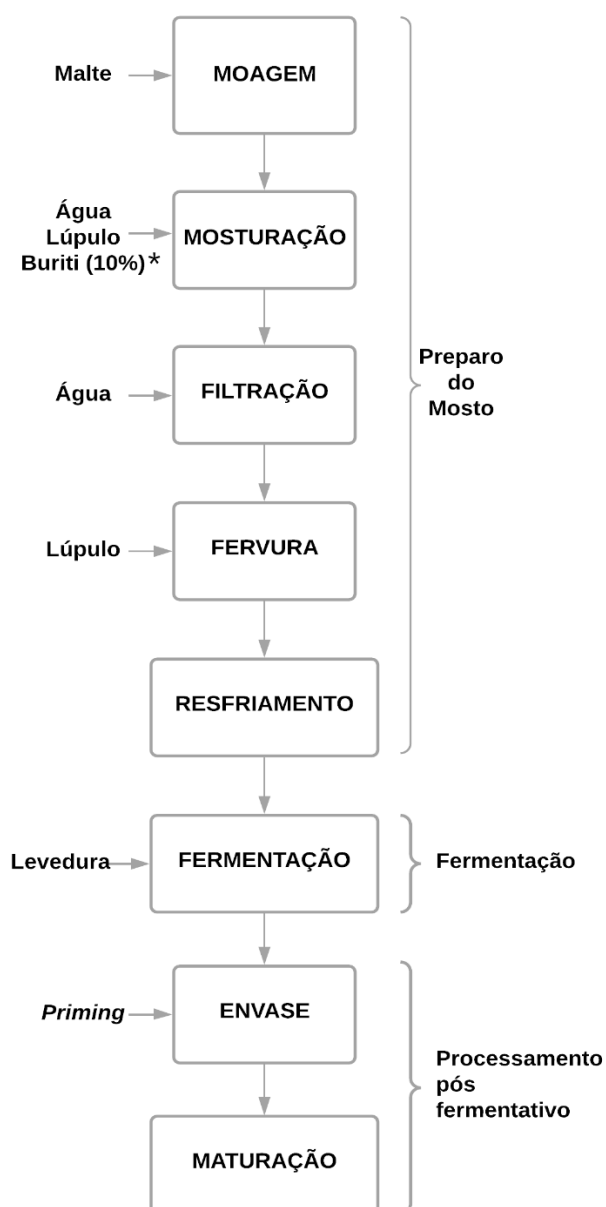


Figura 3 - Fluxograma da produção da cerveja puro malte e com adjunto de buriti. (* 10% de buriti adicionado somente na cerveja *fruitbeer*).

(Fonte: Autora)

4.1.1.1. Elaboração do mosto, mosturação e fervura

Os processos de fabricação das cervejas foram realizados em escala laboratorial no LMA. O malte foi comprado moído onde foi adicionado a 60% do volume total de água mineral, para obtenção pretendida de 2 litros de cerveja. A mistura foi aquecida e mantida a 40°C por um período de 50 minutos, com elevação da temperatura (por um prazo de no máximo 10 minutos) para 65°C e mantida por

mais 50 minutos, sendo o tempo e a temperatura controlados com o auxílio de um cronômetro e um termômetro digital. A figura 4 mostra como esta etapa foi realizada.



Figura 4 - Aquecimento do mosto cervejeiro.

(Fonte: Autora)

O lúpulo foi adicionado utilizando-se a técnica de *first wort hopping* (FWH), onde 30% do seu peso total foram usados no processo de mosturação e o restante foi adicionado somente na etapa de fervura.

Durante o processo de mosturação foi avaliada a sacarificação utilizando uma solução de iodo a 0,2 mol/L para a confirmação da completa hidrólise do amido, como pode ser observado na figura 5, realizado através da adição de gotas da solução de iodo a 1ml de mostura. Resultados positivos (coloração azul ou violeta) indicam a presença de amido e o resultado desejado é a reação negativa, que apresenta coloração amarela (FEISTLER, 2014).

Em seguida foi realizada a filtração convencional do mosto primário sob pressão atmosférica. Obteve-se então, uma torta de malte de cevada que posteriormente foi lavada com o volume restante da água (40%) aquecida a uma temperatura de 80°C, para que os açúcares residuais pudessem ser aproveitados (DANIELS, 2000), sendo então formado um mosto secundário. A junção do mosto primário com o secundário resultou no mosto misto (CURI et al., 2009).



Figura 5 - Teste de iodo para verificação da sacarificação a partir da hidrólise do amido.

(Fonte: Autora)

Com o fim da filtração, o mosto passou para etapa de fervura, sendo aquecido a 95°C por um período de 60 minutos (BRUNELLI et al., 2014). No primeiro minuto da fervura, adicionou-se 20% de massa do lúpulo para dar referência de amargor e aos 15 minutos finais adicionou-se os outros 50% de massa do lúpulo restante para dar referência de aroma. Terminada a fervura, o mosto foi resfriado por um período de aproximadamente 30 minutos em banho de gelo até atingir a temperatura de 25°C, ocorrendo também, sua clarificação através da precipitação de resíduos sólidos. Após o resfriamento, foi medido o °Brix (sólidos solúveis) do mosto por meio de refratômetro portátil e a sua densidade através de densímetro de massa específica.

O preparo da cerveja tipo *fruitbeer* com buriti como adjunto cervejeiro foi realizado utilizando a mesma metodologia citada anteriormente para produção da cerveja puro malte, no entanto, a 10% de malte de cevada foi substituído pelo extrato de buriti desidratado e desengordurado.

A polpa do buriti desidratada foi obtida no comércio local. Em seguida foi realizada a prensagem manual da polpa seca para extração do óleo existente, e a polpa desidratada e desengordurada adicionada ao mosto durante a fase de ebulição. As figuras 6 e 7 a seguir mostram como foi realizada esta etapa.



Figura 6 - Polpa de buriti desidratada obtida em feira local.

(Fonte: Autora)



Figura 7 - Desengorduramento da polpa de buriti através de prensa manual.

(Fonte: Autora)

4.1.2. Preparação do inóculo para produção de cerveja

Foi utilizada a linhagem de *S. cerevisiae* – SC 5952, isolada em outubro de 2013 do mosto de cana-de-açúcar, na Fazenda Cana-Brava, município de Taguatinga – TO. A linhagem encontra-se no banco de culturas do LMA, sendo preservada em ágar inclinado *Yeast Extract Peptone Glucose* (YEPG) em g/L extrato de levedura, 10; peptona bacteriológica, 20; glicose, 20; ágar bacteriológico, 35,5 com pH ajustado para 4,5 utilizando hidróxido de sódio, coberta com óleo mineral estéril e conservada a 4°C.

A reativação em placa de Petri foi realizada por meio de estriamento simples em meio YEPG, pH 4,5, utilizando-se assepticamente uma alça de inoculação e a mesma incubada a 30 °C por 48 horas.

Para preparação do inóculo, uma alçada da linhagem *S. cerevisiae* - SC5952 foi transferida para 4 mL de caldo ME (*Malt Extract*) e mantida por 24 horas de incubação a 30°C. Após esse período, retirou-se o sobrenadante, transferindo somente a biomassa sedimentada para um Erlenmeyer com 30 mL de caldo ME e este foi mantido por mais 24 horas de incubação sob agitação de 120 rpm. Terminado o período de incubação, novamente retirou-se o sobrenadante, transferindo somente a biomassa sedimentada para um Erlenmeyer com 300 mL de caldo ME e manteve-se por mais 24 horas de incubação sob agitação de 120 rpm, objetivando-se obter uma população igual ou superior a 10^7 células viáveis/mL para o início dos experimentos.

Ao término do período de incubação o meio foi centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos para a obtenção das células, descartando-se o sobrenadante. As células foram lavadas duas vezes com água destilada estéril e novamente centrifugadas para então serem utilizadas. A figura 8 apresenta as etapas de preparo do inóculo.

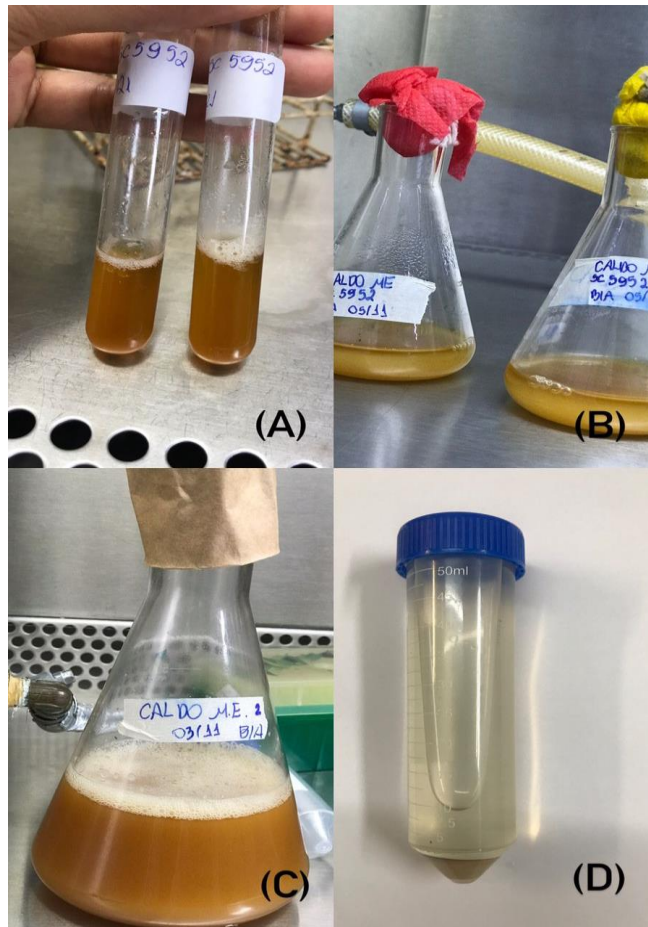


Figura 8 - Etapas do preparo do inóculo de levedura SC5952: tubo contendo 4 mL de caldo ME (Figura 8A), Erlenmeyer com 30 mL de caldo ME (Figura 8B), Erlenmeyer contendo 300 mL de caldo ME (Figura 8C) e tubo Falcon com o inóculo após centrifugação (Figura 8D).

(Fonte: Autora)

4.1.3. Contagem e viabilidade celular

A contagem e viabilidade celular foram determinadas utilizando o Método Internacional de Coloração com azul de metileno (ASBC, 1996) que colore as células não viáveis, com contagem em câmara de Neubauer (1/400 mm² x 1/10 mm), em microscópio óptico, contabilizadas em células por mL. O número de células viáveis foi calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Número de células viáveis} = \frac{\Sigma nq * 25 * fd * \text{constante padrão da câmara}}{n} \quad (1)$$

Onde:

Σnq = soma algébrica do número de células viáveis contadas nos n quadrículos;

25 = número total de quadrículos da câmara;

fd = fator de diluição utilizado;

n = número de quadrículos contados, dentro dos 25 disponíveis.

Em seguida utilizou-se a seguinte fórmula para o cálculo da concentração de células desejada:

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad (2)$$

Onde:

C₁= concentração inicial em g/L

V₁ = volume inicial em g/L

C₂ = concentração final em g/L

V₂ = volume final em g/L

4.1.4. Fermentação e maturação das cervejas puro malte e com adjunto de buriti

A fermentação de ambas cervejas foi conduzida por um período de 96 horas à temperatura de 21°C e amostras foram retiradas a cada 24 horas para realização das análises físico-químicas, microbiológicas e cromatográficas.

Ao fim da fermentação, de forma a possibilitar a carbonatação da cerveja foi realizado o *priming* sendo adicionada uma solução aquosa de sacarose na proporção de 8 g de açúcar cristal por litro de cerveja, onde a água inicialmente aquecida foi adicionada ao açúcar para dissolução, por 15 min à 60°C.

As caldas foram inseridas às cervejas com auxílio de uma seringa, que em seguida foram envasadas em garrafas de 250 mL devidamente sanitizadas e esterilizadas em autoclave a 121°C por 30 minutos sendo estas tampadas com auxílio de um arrolhador de garrafas manual de bancada (figura 9) e mantidas a 21°C por um período de 6 dias para carbonatação. O período de maturação durou 40 dias a 11°C (CURI et al., 2009).



Figura 9 - Arrolhador de garrafas de bancada utilizado no envase da cerveja.

(Fonte: Autora)

4.2. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS E CROMATOGRÁFICAS DAS CERVEJAS

4.2.1. Contagem e viabilidade celular

Durante fermentação da cerveja foram realizadas análises de contagem e viabilidade celular a cada 24h, conforme descrito no item 4.1.3.

4.2.2. Determinação de pH, °Brix e densidade

O grau °Brix se trata da concentração em massa de substâncias dissolvidas em relação à massa da solução, analisada durante o período de fermentação.

A densidade do mosto fabricado foi medida por meio de um densímetro antes da etapa de fermentação e ao final, instrumento que possui escala numérica interna. Com uma proveta preenchida de mosto, colocou-se o instrumento dentro da solução para avaliar, por meio da força de empuxo qual seria o valor apontado.

A medição do pH foi realizada a cada 24h do período de fermentação com auxílio de pHmetro de bancada devidamente calibrado.

4.2.3. Quantificação dos açúcares e álcool

A análise cromatográfica dos níveis de açúcares (maltose, glicose, frutose) e álcool (etanol) foi realizada em um cromatógrafo líquido de alta eficiência (CLAE). As

amostras foram centrifugadas e filtradas através de membrana com poro de 0,45 µm, e injetadas em um cromatógrafo líquido de alta eficiência marca Shimadzu (LC-10 Series Avp; desgaseificador: DGU-14A, integrador: CLASS LC-10), com eluição isocrática, pelo bombeamento (LC-10AD) de uma fase móvel composta de 5 mM de ácido sulfúrico em água ultrapura (destilada e deionizada). O fluxo do eluente de 0,6 mL/min, a 60°C (forno de coluna CTO-10A), com corrida de tempo total de 25 minutos. A detecção se deu em detector de índice de refração (Shimadzu, modelo RID-10A). Uma alíquota de 20 µl da amostra foi injetada manualmente (injetor Rheodyne) e permeada por uma coluna Phenomenex Rezex ROA-Organic Acid H+ (300 x 7,8 mm) com conexão direta à Cartucho de segurança Phenomenex Carbo-H (4 x 3 mm) preenchida com material semelhante ao da coluna principal.

Padrões de cada substância foram utilizados para construção da curva de calibração, que forneceu uma equação utilizada para calcular a concentração. Utilizou-se a maltose (marca Sigma-Aldrich, ≥ 99% pureza), frutose (marca Vetec, ≥ 98% pureza), glicose (marca Sigma-Aldrich, ≥ 99% pureza) e etanol (marca Panreac, ≥ 99% pureza). As soluções foram injetadas individualmente para determinar o tempo de retenção e a área de pico para cada composto em concentrações padrão.

O método padrão externo foi utilizado para calibrar o sistema cromatográfico para quantificação de carboidratos. Para esse propósito, soluções de açúcares com diferentes concentrações (1– 0,125 g/L para frutose, 5–40 g/L para glicose, 25– 250 g/L) para maltose foram utilizados, de acordo com a quantidade desses compostos na matriz da cerveja para realização da curva de calibração e coeficientes de correlação.

4.2.4. Cálculo do IBU (*International Bitterness Units*)

Para o cálculo do amargor da cerveja utiliza-se a seguinte fórmula:

$$IBU = \frac{Utilização\ AA * AA(\%) * Lúpulo\ (g) * 1000}{Volume\ Final} \quad (3)$$

Onde:

Utilização AA (Alfa Ácidos) = fator correspondente entre gravidade específica por tempo de fervura;

Alfa Ácidos (%) = porcentagem de alfa ácidos do lúpulo em decimais;

Lúpulo (g) = peso do lúpulo em gramas;

Volume final = volume final de cerveja produzida.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. ANÁLISES DAS CERVEJAS PURO MALTE E COM ADJUNTO DE BURITI

Segundo o *Beer Judge Certification Program* (2015) a cerveja *Blonde Ale* Belga apresenta coloração dourada, de claro a profundo, possui intensidade moderada, límpida, amargor médio de lúpulo e aroma suave, características estas obtidas nas cervejas produzidas no presente estudo.

A densidade inicial foi de 1030 e 1015 (g/mL) de gravidade final para a cerveja puro malte. E para a cerveja com adjunto de buriti foi de 1040 inicial e 1025 (g/mL) final. Os valores encontrados de pH, °Brix e concentração de células viáveis estão apresentados nas figuras abaixo e se enquadram no padrão estabelecido para cervejas do tipo *Blonde Ale Belga e Fruitbeer*.

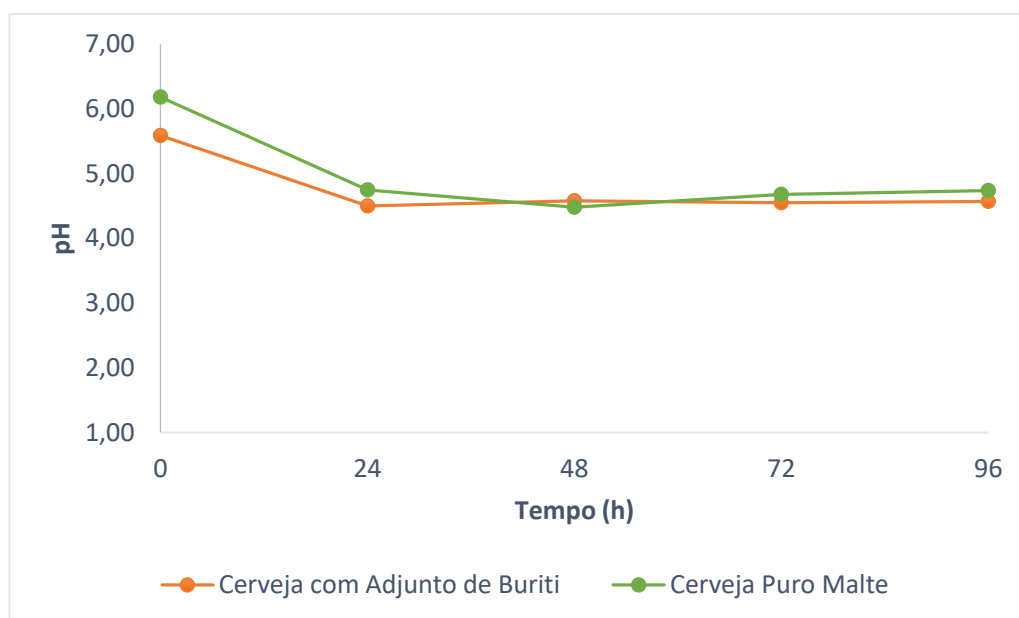


Figura 10 - Comportamento do pH durante a fermentação das cervejas.

O pH das cervejas diminuiu de 6,18 e 5,59 no início da fermentação para 4,74 e 4,57 na cerveja puro malte e com adjunto de buriti, respectivamente, ocorrendo um declínio acentuado nas primeiras 24 horas de fermentação (Figura 10). O pH baixo é indicativo de cerveja microbiologicamente mais estável, e com menor incidência de patógenos e bactérias deteriorantes (DRAGONE, et al. 2007).

Lima et al. (2021) em seus experimentos encontraram valores de pH abaixo de 4,16 em cerveja *summer Ale* com adjunto de pitanga e Dalla Santa et al. (2020)

encontrou valores de pH entre 4,0 e 4,28 em cerveja do estilo *Fruitbeer* com adição de pitaya.

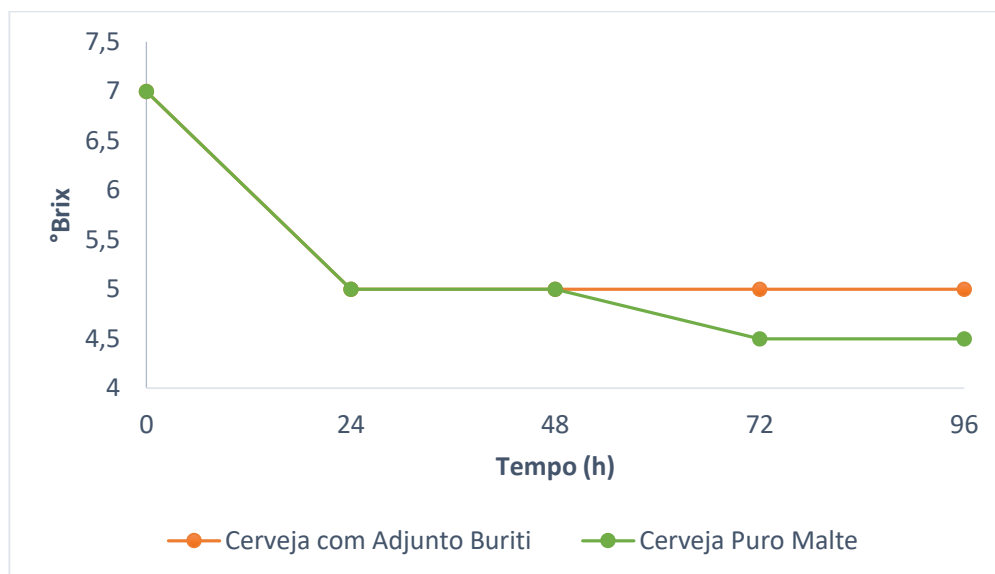


Figura 11 - Comportamento do °Brix durante a fermentação das cervejas.

Na figura 11 pode-se observar que os teores de sólidos solúveis (°Brix) diminuíram consideravelmente nas primeiras 24 horas de fermentação para ambas as cervejas, e a partir das 72 horas mantendo-se com valores de 4,5 e 5 °Brix, para a cerveja puro malte e com adjunto de buriti, respectivamente.

O valor de 7,0 °Brix inicial em ambas as cervejas indica a concentração de sólidos solúveis disponíveis na solução do mosto para o fermento realizar as devidas conversões em álcool e dióxido de carbono até consumir todo o substrato dito fermentescível. Morado (2009) afirma que conforme avança o tempo de fermentação é natural que ocorra a queda no valor de extrato.

Durante o processo fermentativo, a concentração celular da *S. cerevisiae* SC 5952 permaneceu entre 10^5 e 10^8 cel/mL (Figura 12).

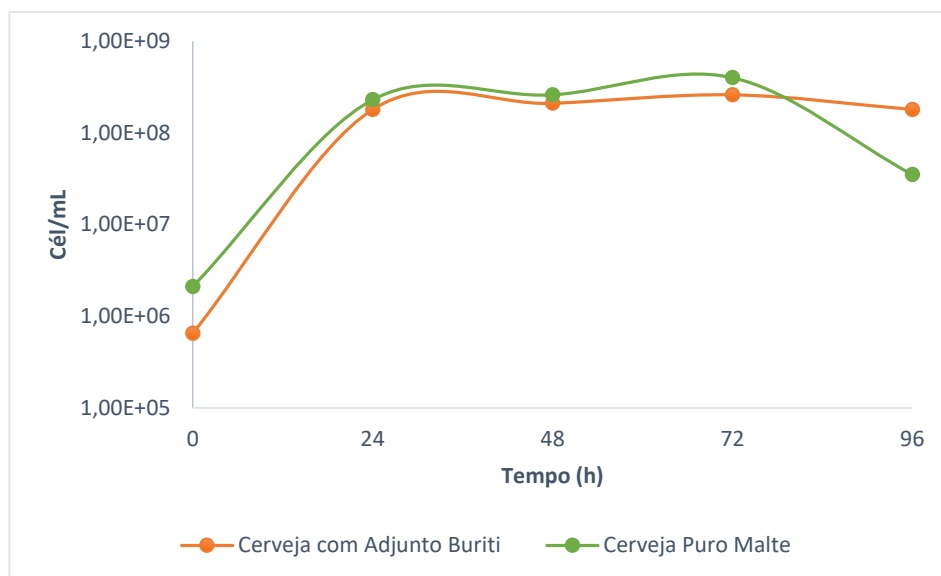


Figura 12 - Concentração de células viáveis durante a fermentação das cervejas.

A figura 12 mostra a população inicial de leveduras que foi de $2,1 \times 10^6$ cél/mL e $6,5 \times 10^5$ cél/mL para a cerveja puro malte e com adjunto de buriti, respectivamente. Pôde-se verificar um aumento do número das células viáveis no decorrer do processo fermentativo, indicando que as leveduras encontraram condições adequadas para sua multiplicação.

Em ambas as cervejas a levedura apresentou uma curta fase latência de adaptação ao mosto, seguida do rápido crescimento exponencial da levedura. A cerveja puro malte apresentou dois momentos de maiores multiplicações celulares, a primeira até às 24 horas de fermentação seguida por um curto período estacionário, e a segunda após 72 horas de fermentação atingindo a concentração de $4,0 \times 10^8$ cél/mL. Para a cerveja com adjunto de buriti observa-se também o crescimento nas primeiras 24 horas, seguido pela fase estacionária.

O número de células foi alto para a cerveja com adjunto de buriti ao final da fermentação, atingindo população de $1,8 \times 10^8$ cél/mL, sendo superior ao atingido pela cerveja puro malte com $3,5 \times 10^7$ cél/mL. Um comportamento esperado, que ocorreu em razão da depleção de nutrientes na cerveja puro malte durante o período de 48 a 72h, que pode ser confirmado pelo perfil consumo de açúcares e aumento da concentração de metabólitos, como o etanol.

5.2 DETERMINAÇÃO DE CARBOIDRATOS E ETANOL ATRAVÉS DA CROMATOGRAFIA LÍQUIDA

Foi realizada a avaliação da linearidade para as curvas de calibração dos carboidratos e do etanol, na qual os resultados apresentaram boa correlação linear entre a faixa de concentração estabelecida, obtendo uma média no coeficiente de correlação da resposta com $R^2 = 0,9984$ para todos os compostos.

Os métodos de cromatografia líquida de alto desempenho (CLAE) podem fornecer análises qualitativas e quantitativas dos carboidratos da cerveja (FERREIRA, 2009). Os níveis de açúcares e etanol das cervejas, durante as 96 horas de fermentação, obtidos por cromatografia são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo de açúcares (maltose, glicose, frutose) e produção de álcool (etanol) durante o processo fermentativo da cerveja puro malte e com adjunto de buriti.

TEMPO	MALTOSE (g/L)		GLICOSE (g/L)		FRUTOSE (g/L)		ETANOL (%)	
	CPM	CAB	CPM	CAB	CPM	CAB	CPM	CAB
0h	127,8	121,4	15,45	15,93	4,50	3,95	ND	ND
24h	104,3	82,2	1,04	1,24	1,30	1,59	1,80	2,55
48h	171,5	41,6	1,52	0,35	0,33	0,48	6,34	5,91
72h	42,7	41,2	0,90	0,32	0,48	0,48	5,26	6,18
96h	78	41,4	1,36	1,22	0,31	0,20	5,98	6,68
R^2	0,9979		0,9997		0,9949		0,9986	

Valores constituem médias de duas repetições.

Abreviações: CPM: Cerveja Puro Malte; CAB: Cerveja com adjunto de buriti; ND: Não detectado.

O processo de mosturação, no qual o amido é hidrolisado em açúcares, é a fonte dos açúcares avaliados (glicose, maltose e frutose) na cerveja (GAŞIOR, KAWA-RYGIELSKA & KUCHARSKA, 2020). A análise do perfil de carboidratos do mosto e da cerveja permite entender os efeitos dos parâmetros tecnológicos adotados, bem como a influência dos insumos utilizados no processo (DE ALMEIDA et al., 2018; MASTANJEVIĆ et al., 2018).

A linhagem *S. cerevisiae* SC5952 apresentou maior consumo de glicose, seguido da maltose e da frutose em ambas as cervejas. Durante as primeiras 48 horas de fermentação os açúcares foram quase completamente esgotados, com exceção da maltose que foi consumida até às 96 horas de fermentação. Ela é de

especial importância para a conclusão da fermentação na fabricação de cerveja, uma vez que é o açúcar predominante no mosto e normalmente, a sua utilização é inicialmente reprimida pela presença dos monossacarídeos, que pode resultar no adiamento da utilização de maltose (MENESES et al., 2002).

Observa-se também que todos os carboidratos analisados foram consumidos em maior quantidade durante a fermentação da cerveja com adjunto de buriti, com diferenças em decorrência de açúcares residuais no mosto cervejeiro, mesmo após a conclusão do processo fermentativo. A utilização incompleta de açúcar pode resultar não apenas em perdas econômicas para a produção industrial, mas também em um maior risco de contaminação por bactérias deteriorantes e a cervejas mais doces (LEI, 2016).

A produção de etanol foi intensa nas primeiras 48 horas de fermentação atingindo 6,34 e 5,91% de etanol nas cervejas e então, manteve-se uma produção crescente, porém menos acentuada, até o fim da etapa de fermentação da cerveja com adjunto de buriti. Na cerveja puro malte houve uma pequena diminuição no teor alcoólico, atingindo a concentração de 5,98 % (CPM) e 6,68 % (CAB) ao fim do período de fermentação, demonstrando diferença de entre elas.

A produção de etanol é baseada na quantidade de açúcares consumidos no mosto fermentado, à medida que a fermentação avança, a concentração de etanol aumenta e as células de levedura são expostas a níveis cada vez mais tóxicos de etanol (LEI, 2016). A medição do álcool desempenha um papel importante no controle de qualidade do mosto durante o processo de fermentação, porque seu nível indica o estágio da fermentação e um nível muito alto de etanol pode levar à inibição da levedura (MONOSIK et al., 2013).

Em seu trabalho Costa (2019) analisou que o desempenho da levedura comercial *Saccharomyces cerevisiae* (SafAle T58 – Fermentis) foi capaz de realizar a síntese de etanol através da fermentação dos açúcares atingindo alta concentração de etanol com 7,7%. E Vogel (2017), obteve 5,2% de teor alcoólico em cerveja com adição de polpa de mirtilo. Segundo Carneiro (2016), o teor alcóolico está proporcionalmente relacionado ao teor de sólidos solúveis iniciais no mosto cervejeiro e ao grau de atenuação da levedura. Para Siqueira et al. (2008) as cervejas do tipo *Ale* fabricadas em fermentação “alta” variam de 4% a 8% em teor alcóolico, descrita como cervejas de alta fermentação. No entanto, mais estudos

devem ser realizados a fim de caracterizar e verificar a potencialidade de aplicação da levedura SC 5952 de linhagem selvagem em processos cervejeiros.

6. CONCLUSÕES

A levedura selvagem *Saccharomyces cerevisiae* SC 5952 apresentou capacidade fermentativa em ambas as cervejas. Entretanto, a cerveja com adjunto

de buriti apresentou teor alcoólico superior, maior concentração de células viáveis e de consumo de carboidratos no mosto cervejeiro durante a fermentação em comparação com a cerveja puro malte. Portanto, mais estudos devem ser realizados com intuito de caracterizar os compostos voláteis e aceitabilidade das cervejas produzidas para verificar a potencialidade de aplicação da *Saccharomyces cerevisiae* selvagem SC 5952 em processos cervejeiros.

Ademais, este trabalho vem ao encontro da necessidade de estudar formas de utilização sustentável da biodiversidade de leveduras selvagens e de frutos exóticos do cerrado brasileiro, contribuindo para o desenvolvimento regional.

REFERÊNCIAS

- ALMAGUER, C., SCHÖNBERGER, C., GASTL, M., ARENDT, E. K., BECKER, T. Humulus lupulus - a story that begs to be told. A review. **Journal of the Institute of Brewing**, 120(4), 289–314. <https://doi.org/10.1002/jib.160>. 2014.
- AQUARONE, E.; BORZANI W.; SCHMIDELL W.; LIMA; A. U. **Biotecnologia Industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 4 ed. 523 p.; 2001.
- ARAÚJO, G.S. Elaboração de uma cerveja ale utilizando melão de caroá [sicana odorífera (vell) naudim] como adjunto do malte. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.
- ARAÚJO, P.H.R. **Produção e análise sensorial de cerveja artesanal de caju**. 2019. TCC (Graduação) - Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, p. 62. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CERVEJA (CERVBRASIL). **Anuário da Cerveja – 2020**. 2021. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/http-www-cervbrasil-org-br-novo_site-wp-content-uploads-2021-04-anuariocerveja2-pdf/ . Acesso em: 09 dez. 2021.
- BARTH-HAAS GROUP. BERICHT E BROSCHÜREN. Disponível em: <https://www.barthhaas.com/en/downloads/berichte-broschueren>. Acesso em: 09 dez. 2021.
- BATISTA, J. S. OLINDA, R. G. MEDEIROS, V. B. RODRIGUES, C. M. F., OLIVEIRA, A.F. PAIVA, E.S. FREITAS, C.I.A. MEDEIROS, A.C. Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti Mauritia flexuosa. **Ciência Rural**, v.42, p.137-141. 2012.
- BERLOWSKA J, KREGIEL D, RAJKOWSKA K. **Biodiversity of brewery yeast strains and their fermentative activities**. Yeast. 32(1):289-300. 2015.
- BING, J., HAN, P.J., LIU, W.Q., WANG, Q.M., BAI, F.Y. Evidence for a Far East Asian origin of lager beer yeast. **Curr Biol**. 2014.

BJCP. X4 **Catharina Sour**. 2018. Disponível em: <https://dev.bjcp.org/beer-styles/x4-catharina-sour/> . Acesso em: 1 nov. 2021.

BRASIL. Decreto nº 9.902, de 8 de julho de 2019. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Altera O Anexo Ao Decreto Nº 6.871, de 4 de Junho de 2009, Que Regulamenta A Lei Nº 8.918, de 14 de Julho de 1994, Que Dispõe Sobre A Padronização, A Classificação, O Registro, A Inspeção, A Produção e A Fiscalização de Bebidas. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**, 8 jul. 2019.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 65, 10 de dezembro de 2019. **Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria**. 239 ed. Seção. 1, p. 31. 2019.

BRASIL. **Lei Que Regulamenta a Fabricação de Cerveja no Brasil: Decreto Nº2.314, de 4 de Setembro de 1997**. Disponível em: <<https://www.brejas.com.br/lei-fabricacao-cerveja.shtml>>, Acessado em: 01 nov. 2021.

BREJAS. **História da Cerveja**. 2019. Virtual. Disponível em: <https://www.brejas.com.br/historia-cerveja.shtml> . Acesso em: 28 out. 2021.

BRUNELLI, L. T.; MANSANO, A. R.; VENTURI FILHO, W. G. Physicochemical characterization of beer produced with honey. **Brazil Journal of Food Biotechnology**. v. 17, n. 1, p. 19-27, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/110123> . Acesso em: 01 nov. 2021.

CAPECE, A.; ROMANIELLO, R.; SIESTO, G.; ROMANO, P. **Conventional and NonConventional Yeasts in Beer Production**. Fermentation. v. 4, n. 38, 2018.

CARNEIRO, R.S. Elaboração de cerveja artesanal estilo Saison Ale contendo tamarindo. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016. Disponível em:http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6004/1/CM_COEAL_2016_2_13.pdf . Acesso em:10 dez. 2021..

CARNEIRO, T. B.; CARNEIRO, J. G. M. Frutos e polpa desidratada Buriti (*Mauritia flexuosa* L.): aspectos físicos, químicos e tecnológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 105-111, 2011.

CASTRO, DEISE S. ET AL. Caracterização física e físico-química de polpa de buriti (*Mauritia flexuosa*). **Revista Verde**, 9(2), 117 –120. 2014.

COELHO NETO, D. M; FERREIRA, L. L. P; SAD, C. M. S; CASTRO, E. V. R; BORGES, W. S; FILGUEIRAS, P. R.; LACERDA Jr, V. Conceitos Químicos Envolvidos na Produção da Cerveja: Uma Revisão. **Rev. Virtual Quim**, v.12, n. 1, p. 120-147, 2020.

COSTA, M. I. C.R. Implementação e Validação da nova sala de brasagem. Mestrado – Engenharia de Alimentos, Universidade de Lisboa. Lisboa, p.87. 2014. Disponível em:

https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/6787/1/TESE%20FINAL_12_02_2014.pdf . Acesso em: 05 nov. 2021.

COSTA, P.S.P. Estudo da fermentação de cervejas ale e lager. 2019. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Biotecnologia, Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas – Mg, 2019.

CRUZ, M. B. Buriti (*Mauritia Flexuosa* L.) pulp oil as an immunomodulator against enteropathogenic *Escherichia coli*. **Industrial Crops and Products**, v. 149, p. 112330. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112330. 2020.

CURI, R.A. Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

DALLA SANTA, O. R.; et al. Estudo da adição de pitaya na produção de cerveja. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.10, p.80891-80900, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/18669> .Acesso em:10 dez. 2021.

DANIELS, R. **Designing great beers – The ultimate guide to brewing classic beer styles**. Colorado-USA: Editora Brewers Publications, 2000. 404 p.

DE ALMEIDA, F.S.; et al. Use of Fourier transform infrared spectroscopy to monitor sugars in the beer mashing process. **Food Chemistry**, v. 263, p. 112–118, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.04.109.

DORDEVIC, S. et al. **Extracts of medicinal plants as functional beer additives**. Chem. Ind. Chem. Eng. Q., v. 22, n. 3, p. 301–308, 2016.

DRAGONE, G.; et al. Produção de cerveja: microrganismos deteriorantes e métodos de detecção. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v.10, n.4, p.240-251, 2007. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/261709666_Producao_de_cerveja_microrganismos_deteriorantes_e_metodos_de_deteccao . Acesso em: 10 dez. 2021.

DUCRUET, J. et al. Amber ale beer enriched with goji berries - the effect on bioactive compound content and sensorial properties. **Food Chemistry**, v. 226, p. 109–118, 2017.

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ JR, S. **Química do Lúpulo**. Quím. Nova, São Paulo, v. 42, n. 8, p. 900-919, 2019.

ENGELKING, C. **Move Over Hops, Yeast Can Give IPAs Their Signature Flavor**. 2018. Disponível em: <https://www.discovermagazine.com/technology/move-over-hops-yeast-can-give-ipas-67-their-signature-flavor#.XdK7u1f7TtR> . Acesso em: 29 out. 2021.

EßLINGER, H. M., & NARZIß, L. Beer. In **Ullmann's Encyclopaedis of Industrial Chemistry** (pp. 177–221). <https://doi.org/10.1002/14356007.a03>. 2010.

ESTEVINHO, L. M. Leveduras e Fermentações: o caso da cerveja In: Jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio. **Livro de atas**, p. 53-61. Instituto Politécnico de Bragança: Bragança, 2015.

FEISTLER, O. **Apostila Operador Cervejeiro – AMBEV**. Porto Alegre, RS; 2014.

FERREIRA, C.S.M. SILVA, E.C. GASPAR, F.D.S. VENEZA, I.B. Torta de buriti (*Mauritia flexuosa*) como ingrediente alternativo em rações para juvenis de Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Research, Society and Development**, 10(8), 1-8. (2021).

FERREIRA, I.M.P.L.V.O. Quantification of Beer Carbohydrates by HPLC - Beer in Health and Disease Prevention. **Academic Press**, p.1067-1073, (ISBN 9780123738912) <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373891-2.00103-6>. 2009.

FIGUEIRÊDO, A.F.R. Seleção de leveduras e produção de cerveja artesanal suplementada com selênio. 2017. 114 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biotecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana-Ba, 2017.

FUNK, A. **Craft Beer's Quest For The Funky Flavors of Wild Yeast**. 2019. Disponível em: https://www.discovermagazine.com/planet-earth/craft-beersquest-for-the-funky-flavors-of-wild-yeast#.XdK6_lf7TtR . Acesso em: 29 out. 2021

GASIŃSKI, J. KAWARYGIELSKA, A. SZUMNY, A. CZUBASZEK, J. GAŚSIOR, W. **Volatile compounds content, physicochemical parameters and antioxidant activity of beers with added mango (*Mangifera Indica*)**. *Molecules*, 25 (13) p. 3033, 2020.

GAŚSIOR, J. KAWA-RYGIELSKA, A.Z. KUCHARSKA. Carbohydrates profile, polyphenols content and antioxidative properties of beer worts produced with different dark malts varieties or roasted barley grains. **Molecules**, v.25 p. 3882 (2020).

HOMINI LUPULO. **Fazer cerveja artesanal em casa: aprenda sobre as etapas da produção**. Disponível em: <https://www.hominilupulo.com.br/cervejas-caseiras/a-producaoda-cerveja-em-casa/> . Acesso em: 05 nov. 2021.

JAEGER, S.R. WORCH, T. PHELPS, D. JIN, A.V. CARDELLO. Preference segments among declared craft beer drinkers: perceptual, attitudinal and behavioral responses underlying craft-style vs. traditional-style flavor preferences. **Food Qual. Prefer.**, p. 103884, DOI: [10.1016/j.foodqual.2020.103884](https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103884). 2020.

KAWAYGIELSKA, K. ADAMENKO, A.Z. KUCHARSKA, P. PROROK, N. PIÓRECKI. Physicochemical and antioxidative properties of Cornelian cherry beer **Food Chemistry**, 281, pp. 147-153. 2019.

KLEBAN, J., NICKERSON, I. **To Brew, or Not to Brew-That Is the Question: An Analysis of Competitive Forces in the Craft Brew Industry**. Journal of the International Academy for Case Studies. v. 18, p. 59-81, 2012.

KUNZE, W. **Technology Brewing and Malting** (2.^a ed.). Berlim (Alemanha): VLB Berlin. (1999).

KUNZE, W. **Technology Brewing and Malting**. Berlin: VLB Berlin. (2004).

LEI, H.; XU, H.; FENG, L.; YU, Z.; ZHAO, H. ZHAO, M. Fermentation performance of lager yeast in high gravity beer fermentations with different sugar supplementations. **Journal of Bioscience and Bioengineering**. v. 122, n. 5, p. 583-588, 2016.

LIBKIND, D., HITTINGER, C.T., VALÉRIO, E., ET AL. Microbe domestication and the identification of the wild genetic stock of lager-brewing yeast. **Proc Natl Acad Sci U S A**. 2011.

LIMA, B.; PINTO, E.P.; BRAVO, C.E.C.; MARCHI, J.F. Caracterização físico-química de cerveja Summer Ale adicionada de polpa de pitanga (*Eugenia uniflora*). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.3, p.25337-25343, 2021. DOI:10.34117/bjdv7n3-303

LIBKIND, D. HITTINGER, C.T. VALÉRIO, E. et al. Microbe domestication and the identification of the wild genetic stock of lager-brewing yeast. **Proc Natl Acad Sci U S A**. 2011.

LIVENS, S. Beer: Fermentation. In **Encyclopaedia of Food and Health** (pp. 339–344). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00059-3>. (2016).

NARDINI, M. GARAGUSO, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Food Chemistry**, 305, pág. 125437 , [10.1016 / j.foodchem.2019.125437](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437). 2020.

MACHADO, E.R. Desenvolvimento e caracterização de cerveja artesanal com adição de cacau. 46 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; BENDER, K. S.; BUCKLEY, D. H.; STAHL, D. A. **Microbiologia de Brock**. Porto Alegre: Artmed, 2016.

MASTANJEVIĆ, K.; ŠARKANJ, B.; KRSKA, R.; Sulyok, M.; WARTH, B.; ŠANTEK, B.; KRSTANOVIĆ, V. From malt to wheat beer: A comprehensive multi-toxin screening, transfer assessment and its influence on basic fermentation parameters. **Food Chemistry**, v. 254, n. February, p. 115–121, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.02.005.

MENESES, F. J.; HENSCHKE, P. A.; JIRANEK, V. A survey of industrial strains of *Saccharomyces cerevisiae* reveals numerous altered patterns of maltose and sucrose utilisation. **Journal the Institute of brewing**. v. 108, n. 3, p. 310-321, 2002.

MILANEZ, J. T. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of buriti fruits, during the postharvest, harvested at different ripening stages. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 10-21, 2018. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.08.045

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Mercado cervejeiro cresce no Brasil e aumenta interesse pela produção nacional de lúpulo e cevada**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/08/mercado-cervejeiro-cresce-no-brasil-e-aumenta-interesse-pela-producao-nacional-de-lupulo-e-cevada> . Acesso em: 29 out. 2021.

MONOSIK, R.; MAGDOLEN, P.; STREDANSKY, P.; STURDIK, E. Monitoring of monosaccharides, oligosaccharides, ethanol and glycerol during wort fermentation by biosensors, HPLC and spectrophotometry. **Food Chemistry**. v. 138, 220–226, 2013.

MORADO, Ronaldo. **Larousse da Cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.

NOVAES, R. H.; RODRIGUES, S. A.; SARNIGHAUSEN, V. C. R.; PAI, A. DAL. O Lúpulo e suas aplicações em bioprocessos e biotecnologia. **I Encontro Brasileiro de Pesquisadores e Produtores de Lúpulo**. São Paulo, 2019.

NUNES, Joyce da Silva. Avaliação dos parâmetros de qualidade na produção de cerveja. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2021.

OLIVER, Garret. A Mesa do Mestre-Cervejeiro: descobrindo os prazeres das cervejas e das comidas verdadeiras. São Paulo: **Senac São Paulo**, 552 p; 2012.

PALMER JJ. How to Brew: Everything You Need to Know to Brew Beer Right the First Time. **Brewers Publications**; 2006.

PEZOTI, O. et al. Adsorption studies of methylene blue onto ZnCl₂-activated carbon produced from buriti shells (*Mauritia flexuosa* L.). **Journal of industrial and Engineering Chemistry**, v. 20, p. 4401-4407. DOI: 10.1016/j.jiec.2014.02.007.

RAMPAZZO, V. Caracterização da composição fenólica e capacidade antioxidante de cervejas comerciais de diferentes processos de fermentação. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

RESENDE, L. M., FRANCA, A. S., OLIVEIRA, L. S. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. **Food Chemistry**, v. 270, p. 53-60, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.

RIBEIRO, F.B. Produção de cerveja artesanal com frutas exóticas e avaliação da imobilização de leveduras em micropartículas magnetopoliméricas no processo de fermentação alcoólica. Dissertação (mestrado) - Ciências e Tecnologias em Saúde da Universidade de Brasília (UNB), Brasília-DF, 2018.

RINALDI, B.J.D. Incorporação De *Physalis* (*Physalis Peruviana* L.) Na Produção De Cerveja Frutada. Dissertação (mestrado) - Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco; 2021.

RUDKE, A. R. et al. Optimization of green PLE method applied for the recovery of antioxidant compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L.) shell. **Food Chemistry**, v. 298, p. 125061. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125061. 2019.

SAERENS, S.M.; DUONG, C.T.; NEVOIGT, E. Genetic improvement of brewer's yeast: current state, perspectives and limits. **Appl Microbiol Biotechnol**. 2010.

SANDRI, D.O. ANTIOXIDANT ACTIVITY AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BURITI PULP (*Mauritia flexuosa*) 48 COLLECTED IN THE CITY OF DIAMANTINO – MTS1. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S.L.], v. 39, n. 3, p. 1-8, FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017864>. 2017.

SALANTA, L.C. COLDEA, T.E. IGNAT, M.V. POP, C.R. TOFANA, M. MUDURA, E. ZHAO H. **Functionality of special beer processes and potential health benefits Processes**, 8 (12), p. 1613; 2020.

SANDRI, D. O.; XISTO, A. L. R. P.; RODRIGUES, E. C.; MORAIS, E. C.; BARROS, W. M. Antioxidant activity and physicochemical characteristics of buriti pulp (*Mauritia flexuosa*) collected in the city of Diamantino-MTS. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 39, n. 3, 2017.

SILVA, M. J. S. Produção de Cerveja Artesanal Tipo Weiss Adicionada de Manga CV. Espada. 2020. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2020.

SIQUEIRA, P.B., BOLINI, H.M.A., MACEDO, G.A. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. **Alim Nutr Araraquara** 19(4):491-498. ISSN 0103-4235, 2008.

STAHL, U., DONALIES, U.E.B, NEVOIGT, E. **Food Biotechnology**. Springer Berlin Heidelberg; 2008.

TOZETTO, L.M. Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de gengibre (*Zingiber officinale*). 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

TRINDADE, S.C. Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. v.1. São Paulo: Blucher, p. 15-20, 2010.

VIDGREN, V.; MULTANEN, J.; ROUHONEN, L.; ET AL. The temperature dependence of maltose transport in ale and lager strains of brewer's yeast. **Yeast Research**, v. 10, p. 402–411, 2010.

VIDGREN, V.; MULTANEN, J.; ROUHONEN, L.; ET AL. The temperature dependence of maltose transport in ale and lager strains of brewer's yeast. **Yeast Research**, v. 10, p. 402–411, 2010. WALKER, Graeme; STEWART, Graham. *Saccharomyces cerevisiae* in the Production of Fermented Beverages. **Beverages**, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 1-30. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/beverages2040030>, 2016.

VOGEL, C. AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE PEQUENAS FRUTAS (BERRIES) NA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL: ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA, SENSORIAL, COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE. 2017. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, 2017.

WANNENMACHER, J.; GASTL, M.; BECKER, T. **Phenolic Substances in Beer: Structural Diversity , Reactive Potential and Relevance for Brewing Process and Beer Quality**. v. 0, p. 1–36, 2018.