



**GABRIELA DE FÁTIMA RIBEIRO**

**EXTRAÇÃO DE PROTEÍNAS DO BAGAÇO DE MALTE  
ASSISTIDA POR ULTRASSOM E AVALIAÇÃO DA  
FUNCIONALIDADE DAS PROTEÍNAS EM SISTEMAS  
EMULSIONADOS**

**LAVRAS - MG  
2023**

**GABRIELA DE FÁTIMA RIBEIRO**

**EXTRAÇÃO DE PROTEÍNAS DO BAGAÇO DE MALTE ASSISTIDA POR  
ULTRASSOM E AVALIAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DAS PROTEÍNAS EM  
SISTEMAS EMULSIONADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Engenharia de  
Alimentos, para a obtenção do título de  
Bacharel.

Prof: Dr. Diego Alvarenga Botrel  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2023**

**GABRIELA DE FÁTIMA RIBEIRO**

**EXTRAÇÃO DE PROTEÍNAS DO BAGAÇO DE MALTE ASSISTIDA POR  
ULTRASSOM E AVALIAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DAS PROTEÍNAS EM  
SISTEMAS EMULSIONADOS**

**EXTRACTION OF PROTEINS FROM MALT BAGASSE ASSISTED BY  
ULTRASOUND AND EVALUATION OF THE FUNCTIONALITY OF PROTEINS IN  
EMULSION SYSTEMS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Engenharia de  
Alimentos, para a obtenção do título de  
Bacharel.

APROVADA em 07 de dezembro de 2023.

Dr. Diego Alvarenga Botrel, UFLA

Dra. Jéssica Ferreira Rodrigues, UFLA

Dra. Jayne de Abreu Figueiredo, UFLA

Prof: Dr. Diego Alvarenga Botrel  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente, agradeço a Deus, Nossa Senhora Aparecida e Nossa Senhora Nhá Chica, que, com a bênção e intercessão, tornaram o meu sonho possível.

Agradeço imensamente à minha mãe, Lucilene de Fátima, e ao meu pai, Joaquim Ribeiro, por todo o amor, apoio, compreensão e incentivo. Serei eternamente grato a cada um de vocês.

Agradeço aos meus segundos pais, Cleusa e Vicente, por todo o cuidado, carinho e amor que me proporcionaram.

Agradeço à minha família, em especial aos meus irmãos, pelo carinho, palavras de estímulo e por me acompanharem em todos os meus momentos difíceis.

Agradeço ao meu namorado, Marcelo, pelo companheirismo, carinho constante e por estar ao meu lado nos altos e baixos deste percurso.

Ao meu orientador, Prof. Diego Alvarenga Botrel, expressei minha gratidão pela confiança, paciência e pelos valiosos ensinamentos transmitidos.

Agradeço aos meus amigos Adriene, Andressa e Emerson, que desde o início da graduação estiveram presentes ao meu lado, compartilhando momentos incríveis dessa jornada acadêmica.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de algum modo, torceram por mim e incluíram-me em suas orações, contribuindo para a realização desse sonho.

## RESUMO

O bagaço de malte é o principal subproduto obtido do processo de produção da cerveja, ele é o resíduo fibroso da etapa de malteação. O bagaço de malte é muito versátil e tem na sua composição cascas dos grãos de malte, ricas em proteínas, fibras e alguns outros nutrientes. É comum o uso desse subproduto na alimentação animal, na produção de ração para peixes, aves e gados, também tem seu uso em fertilizantes orgânicos e tem sido utilizado também em algumas formulações alimentícias, como bolos, biscoitos, barras de cereais, suplementos nutricionais e pães. As propriedades nutricionais do bagaço de malte são aproveitadas juntamente com o sabor característico, podendo ser interessante também para pessoas com dieta vegana ou vegetariana, ou para aquelas que desejam aumentar a ingestão proteica. Contribuindo também, com a redução do desperdício na indústria cervejeira e promovendo a sustentabilidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de extração e obtenção de concentrado proteico a partir do bagaço de malte e a determinação da funcionalidade das proteínas em sistemas emulsionados. O bagaço de malte foi seco e moído e o processo de extração das proteínas foi realizado pelo método de mudança de pH sem e com auxílio de ultrassom. Análises físico-químicas como determinação de umidade e quantificação de proteínas também foram realizadas. Para avaliar a capacidade emulsificante das proteínas foram produzidas as emulsões e essas caracterizadas por meio de análises da microestrutura e estabilidade macroscópica. Os diferentes tratamentos de extração, obteve-se quantidade de proteínas de 22,9% tratamento com ultrassom e 23,3% tratamento sem ultrassom. Os tratamentos com e sem ultrassom não apresentaram diferenças significativas entre si na extração de proteínas do bagaço de malte. A capacidade emulsificante das proteínas foi observada apenas para o concentrado obtido pelo processo de extração sem ultrassom. Conclui-se que o bagaço de malte é um subproduto que pode ser utilizado em várias formulações alimentícias aumentando o valor de proteína do alimento, porém, mais estudos devem ser feitos para melhorar a extração e definir os melhores parâmetros que devem ser utilizados.

**Palavras-chave:** Resíduos industriais. Cervejaria. Capacidade emulsificante. Solubilidade. Concentração proteica.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Aspectos gerais sobre legislação e produção de Cervejas.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.1 Malte.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.2 Outros ingredientes.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.2.1 Água.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.2.2 Lúpulo.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.2.3 Levedura.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.2.4 Adjuntos cervejeiros.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.3 Etapas de produção.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Bagaço de Malte.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.1 Aplicação industrial do bagaço de malte.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Proteínas e suas propriedades.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.1 Proteínas do bagaço de malte.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.2 Propriedades Ácido básicas das proteínas.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.3 Técnicas para extração de proteínas.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.4 Funcionalidade das proteínas em sistemas emulsionados.....</b>	<b>19</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Secagem e preparação do bagaço de malte seco.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Extração das proteínas pelo método de mudança de pH.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Análises físico-químicas.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.1 Determinação teor de Umidade.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.2 Quantificação de Proteínas- Método de Kjeldahl clássico.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.3 Determinação do Índice de Cremação.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.4 Preparo das amostras para avaliação de estabilidade de emulsão.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.5 Estabilidade macroscópica de emulsões.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.6 Microestrutura.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4 Análise estatística.....</b>	<b>23</b>

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A origem das primeiras bebidas alcoólicas é incerta, mas é provável que tenham sido elaboradas a partir de cevada, uvas, tâmaras ou mel. A cevada cresce em estado selvagem, na região da Mesopotâmia e a prática da fabricação da cerveja parece ter sido originada dessa região (VENTURINI FILHO, 2016).

A crescente preocupação com o desequilíbrio ambiental tem se transformado em uma demanda cada vez maior por alimentos e bebidas que sejam produzidos com menor impacto ambiental e menor sofrimento animal, ou seja, considerando o bem estar animal. Os consumidores também buscam por embalagens recicláveis ou biodegradáveis, que se decomponham e sejam absorvidas pela natureza, bem como por produtos que sejam naturais que resultem em menor geração de resíduos ou aproveitamento de subprodutos, que tem se destacado (MOLINA, 2022).

O principal resíduo da indústria cervejeira é o bagaço de malte. De acordo com Moraes (2001), para cada litro de cerveja produzida, gera-se aproximadamente 200 g de bagaço de malte seco do processo de filtração, tornando-se uma quantidade considerável de material, cujo destino tem sido na utilização da alimentação animal e para disposição como adubo.

Os resíduos cervejeiros possuem uma quantidade significativa de compostos orgânicos e um elevado potencial nutricional. Eles devem ser submetidos a um tratamento adequado antes de serem descartados no meio ambiente. Por este motivo, há um grande interesse em seu reaproveitamento (KUBASKI, 2017). Conforme Nascimento (2020), a incorporação e o reaproveitamento do bagaço de malte de cevada na indústria alimentícia e na gastronomia já são uma realidade em diversos lugares, especialmente em produtos de panificação. A utilização desse subproduto não apenas assegura alimentos com alto teor de fibras, mas também proporciona excelente valor nutricional, textura diferenciada e sabor característico. A maioria dos produtos enriquecidos com o bagaço de malte inclui basicamente pães e massas. Contudo, ao aplicar esse resíduo em sorvetes e outras sobremesas geladas, surgem produtos inovadores capazes de atrair um amplo público e, conseqüentemente, impulsionar a economia no mercado.

As proteínas dos alimentos são digeríveis e palatáveis e não causam toxicidade. Tornando-as então, um importante ingrediente utilizado na fabricação de muitos produtos alimentícios (RIBEIRO, 2007). Emulsificação, capacidade de absorção de água, solubilidade, gelificação, textura e formação de espuma são algumas propriedades funcionais que as proteínas desempenham em diferentes sistemas alimentares (AUGUSTO, 2017). O objetivo



deste trabalho é obter o concentrado proteico do bagaço de malte e avaliar a funcionalidade das proteínas em sistemas emulsionados.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Aspectos gerais sobre legislação e produção de Cervejas**

De acordo com a Instrução Normativa Nº 65, de 10 de dezembro de 2019, os ingredientes obrigatórios na produção de cerveja são água, malte ou extrato de malte, exceto para "cerveja gruit" (BRASIL, 2019).

Atualmente, tem-se o conhecimento de que a produção e consumo de bebidas alcoólicas são umas das atividades mais antigas desenvolvidas pelo homem. Sobre a cerveja, possivelmente a bebida mais popular, sua produção vem de milhares de anos, ao longo dos quais vem passando por aprimoramento técnico a fim de aumentar a produtividade e seu consumo. D. João VI, introduziu o hábito de consumo de cerveja no Brasil no início do século XIX, durante o período que a família real portuguesa permaneceu no território brasileiro. Naquela época, a cerveja consumida era importada de países europeus. Em 1888, foi fundada na capital do Rio de Janeiro a "Manufatura de Cerveja Brahma Villigier e Cia", e anos depois em 1891, na capital de São Paulo, a "Companhia Antartica Paulista" (VENTURINI FILHO, 2016).

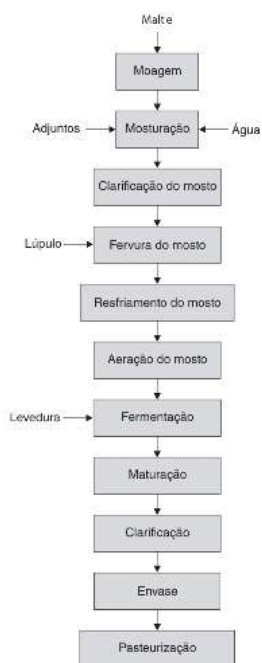
As cervejas podem se dividir em 3 classes distintas, sendo elas, lagers, ales, e as de fermentação espontânea. Segundo Moraes (2021), as características da cerveja lagers, de maneira geral, são mais leves e menos incorporadas, apresentando diferentes aromas, sabores e cores. As representantes da classe, destaca-se a pilsen, bock, a dunkel e a schwarzbier. Já as cervejas ale, são mais incorporadas, com sabor mais frutados e a levedura tem uma contribuição maior no sabor da bebida. Como representantes da classe temos, a pale ale, a stout e a weissbier.

De acordo com Decreto nº 9.902, de 8 de julho de 2019, a cerveja é a bebida obtida do processo de fermentação, a partir do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, da levedura cervejeira, após um processo de cocção na presença de lúpulo ou extrato de lúpulo. O adjunto cervejeiro poderá substituir parcialmente uma porção da cevada malteada ou do extrato de malte (BRASIL, 2019).

Na Babilônia no ano 6000 antes de Cristo, há evidências de que a cerveja feita de cevada malteada já era produzida no local. A cerveja no Egito, era uma bebida nacional de grande consumo, desempenhando um papel importante nos ritos religiosos, sendo distribuídas ao povo. O processo de fabricação da cerveja era conduzida por padeiros, devido à natureza

da matéria-prima, como grãos de cereais e leveduras. A cevada era deixada de molho até germinar, depois era grosseiramente moída e moldada em bolos, aos quais se adicionava a levedura. Parcialmente o bolo era assado, eram colocados em jarra com água desfeitos e deixados para fermentar. Com o nome de Bouza, essa cerveja rústica ainda é produzida no Egito. Os egípcios fizeram com que a cerveja torna-se popular pelos povos orientais, e eventualmente com que ela chegasse à Europa e, a partir daí, para o resto do mundo (VENTURINI FILHO, 2016). As etapas envolvidas na produção de cerveja (Figura 1), contribuem sensorialmente na bebida final.

Figura 1 - Etapas básicas para elaboração de cervejas.



Fonte: Pastore, 2023.

### 2.1.1 Malte

De acordo com a Instrução Normativa nº 65, de 10 dezembro de 2019, malte ou cevada malteada, é o grão de cevada cervejeira que passa pelo processo de malteação. Sendo assim, o processo de malteação é o procedimento no qual o grão de cereal é submetido a uma germinação parcial, seguida da desidratação, podendo ser com ou sem tostagem, em adequadas condições tecnológicas (BRASIL, 2019).

O malte resultante do processo tradicional de maltagem pode ser posteriormente processado de várias maneiras a fim de criar produtos que podem ser facilmente incorporados em alimentos e bebidas, com o intuito de realçar ou criar sabores, ou melhorar os parâmetros de processamento. Com isso, são obtidos variados tipos de maltes com sabores e cores

acentuados e distintos. Os maltes secos convencionalmente e submetidos a torra, cria uma ampla gama de cores variando de 110 a 1500 unidades de cor da Convenção de Cervejeiros da Europa (EBC) (para uma diluição de 10%). O aquecimento lento e uma torra úmida mais prolongada do malte, resulta em sabores mais adocicados e cores que variam de 2 a 400 unidades de cor EBC (VENTURINI FILHO, 2016).

O cereal mais comumente utilizado pelas cervejarias na produção de malte é a cevada, e sua história remonta a culturas neolíticas no Egito, entre 6000 e 5000 anos antes de Cristo. A cevada pertence à família das gramíneas, gênero *Hordeum*, e seus grãos ficam dispostos em espiga que compõe em duas ou seis fileiras envoltas por várias camadas celulósicas. Na etapa de beneficiamento a primeira camada, denominada palha é removida, enquanto outras camadas que se encontram aderentes ao grão, chamada de casca, não são eliminadas nessa etapa e desempenham um papel fundamental no processo cervejeiro (VENTURINI FILHO, 2016).

Após a colheita dos grãos de cevada, são armazenados em silos, aguardando serem enviados para a maltaria, uma indústria especializada na transformação de cevada em malte. Nos silos, as condições de temperatura e umidade são controladas. As sementes são colocadas em condições ideais de germinação, com controle de umidade, temperatura e aeração, para que o grão de cevada se transforme em malte. O amido presente nos grãos maltados nessa fase são apresentados em cadeias mais curtas em comparação com a cevada, tornando-o menos duro e mais solúvel. Além disso, os grãos maltados possuem enzimas no seu interior que são cruciais para o processo de produção da cerveja (VENTURINI FILHO, 2016).

Quanto mais forte a cor do malte, mais intensa foi a torrefação. Se a torra for leve, apresentará a cor clara e conferirá a cerveja sabores mais suaves e delicados, enquanto a torra mais intensa a cor será mais escura e proporcionará à cerveja sabores mais doces (JACKSON, 2010). Na Figura 2, temos algumas cores de malte em diferentes condições de torra.

Figura 2 - Malte em diferentes intensidades de torra.



Fonte: Clube do Malte, 2023.

Malte é o termo técnico referente a matéria-prima obtida por meio de um processo de germinação controlada de diversos cereais, como cevada, milho, arroz, aveia, trigo, sorgo e triticale, entre outros. Esses cereais e qualquer outro cereal a princípio podem ser maltados e devem considerar vários fatores, incluindo o seu poder diastático e seu valor econômico (VENTURINI FILHO, 2016). No Brasil, de acordo com a Instrução Normativa nº 11, de 13 de março de 2013 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento MAPA, o malte de cevada é classificado em dois grupos, o malte Pilsen e o malte Especial (BRASIL, 2013).

O malte base é majoritariamente feito para fornecer os elementos fundamentais necessários à produção de cerveja, incluindo extrato, Nitrogênio Amino Livre (FAN) e o sabor maltado básico. Já os maltes especiais, por sua vez, agregam diversidade e complexidade a uma cerveja. Os atributos mais notáveis provenientes dos maltes especiais, são dois, a cor e sabor. Os principais tipos de maltes base são malte Pilsner e malte Pale Ale. Entre os maltes especiais temos, malte Munich, malte Vienna e malte Melanoidina. Outros maltes abrangem uma variedade de características, como maltes com gama de cor (Caramelo, conhecido como Cristal), maltes híbridos, malte Biscuit, malte Âmbar, malte Brown, malte Preto e malte Chocolate, malte Acidulado, malte Fumado, malte Peat, malte de Trigo, malte de Aveia, malte de centeio, malte de Chit (MALLETT, 1964). A Tabela 1, apresenta as características do cereal antes e após o processo de transformação do grão de cevada.

Tabela 1 - Composição do grão de cevada e do malte.

Características	Cevada	Malte
Massa do grão (mg)	32-36	29-33
Umidade (%)	10-14	4-6
Amido (%)	55-60	50-55
Açúcares (%)	0,5-1,0	8-10
Nitrogênio total (%)	1,8-2,3	1,8-2,3
Nitrogênio solúvel (% de N total)	10-12	35-50
Poder diastásico, °Lintner	50-60	100-250
$\alpha$ -amilase, unidades de dextrina	traços	30-60
Atividade proteolítica	traços	15-30

Fonte: Cereda, 1985 apud Venturini filho, 2010.

### 2.1.2 Outros ingredientes

Conforme a Instrução Normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019, temos como ingredientes obrigatórios da cerveja a água, malte ou extrato de malte e lúpulo ou seu extrato, e como ingredientes opcionais estão os adjuntos cervejeiros e as leveduras ou outros microrganismos capazes de realizar a fermentação.

#### 2.1.2.1 Água

A definição de água potável é aquela que atende aos padrões de potabilidade estabelecidos no Anexo da Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 e que, não apresenta riscos à saúde (BRASIL, 2021). Sendo assim, para a produção de cerveja deve ser utilizada a água potável e que esteja dentro das conformidades estabelecidas em legislação específica do Ministério da Saúde (BRASIL, 2019).

Pela quantidade, a água é a principal matéria-prima no processo cervejeiro, constitui de aproximadamente 92 a 95% do peso da cerveja. Dessa forma, as indústrias cervejeiras são instaladas em regiões onde a composição da água é relativamente de boa qualidade e uniforme (VENTURINI FILHO, 2010).

#### 2.1.2.2 Lúpulo

Os cones da inflorescência da espécie *Humulus lupulus* são o lúpulo, podendo ser encontrado de forma industrializada ou natural, sendo aptos para consumo humano. O extrato de lúpulo é o produto resultante da extração, utilizando solvente adequado, dos princípios amargos e aromáticos do lúpulo, reduzidos ou não e isomerizados ou não (BRASIL, 2019).

O lúpulo tem um papel fundamental na produção de cerveja, as variedades comerciais contém diferentes e importantes características de aroma e amargor presentes no cone, sendo assim elementos essenciais na composição dos diversos tipos de cerveja. No mercado, existem importantes variedades de lúpulo, sendo mais de 30 variedades americanas e mais de 40 variedades europeias. Essas variedades têm separadamente três diferentes categorias: os lúpulos de amargor (*Admiral, Magnum e Nugget*), os lúpulos de aroma (*Fuggle, Cascade, Saaz, Citra, Mantiqueira e Hallertau*) e lúpulos com dupla aptidão (*Chinook, Columbus, Mosaic e Northern Brewer*). O lúpulo está tradicionalmente associado à indústria de cerveja, usado para proporcionar aroma e amargor nos diferentes tipos de cerveja (SPÓSITO, 2019).

A porção botânica da planta do lúpulo é formada por folhas, ramos e inflorescência, chamadas cones (SPÓSITO, 2019). A Figura 3, mostra o cone e sua conformação.

Figura 3 - Inflorescência, flores e raquis do lúpulo.



Fonte: Spósito, 2019.

### 2.1.2.3 Levedura

Os responsáveis por modificar e conferir as características típicas próprias da cerveja, são as leveduras e outros microrganismos fermentativos; contudo, deve-se assegurar a inocuidade à saúde humana (BRASIL, 2019).

Há mais de mil anos no Antigo Egito e Mesopotâmia, já elaboravam bebidas alcoólicas semelhantes à cerveja. Acidentalmente, grãos de cevadas eram umedecidos e germinados, dando origem a um produto com maior durabilidade e com sabor mais adocicado, levando a criação do malte de cevada. A fermentação espontânea e não controlada, iniciada por microrganismos presentes no ambiente ou carreadores pelo ar, eram responsáveis pela origem de bebidas com grau de teor alcoólico. Os processos "selvagens" são naturalmente dominados pelas leveduras do gênero *Saccharomyces*, que foram intuitivamente isoladas em distintas regiões do globo ao longo da complexa história da relação do homem com os alimentos. Com a crescente demanda por produtos inovadores e diferentes, muitos especialistas têm buscado leveduras não convencionais para desenvolver cervejas especiais. Geralmente, leveduras não *Saccharomyces*, apresentam menor rendimento fermentativo e tem mais sensibilidade ao etanol, mas podem se destacar como potencial de conferir características diferentes de aroma e sabor a bebidas (VENTURINI FILHO, 2022).

### 2.1.2.4 Adjuntos cervejeiros

Os adjuntos cervejeiros, podem ser utilizados na produção do mosto para substituir em até 45% do peso em relação ao extrato primitivo, extrato de malte ou malte. A cevada não malteada e outros cereais malteados ou não malteados, são considerados adjuntos cervejeiros quando estão aptos para o consumo humano. Ingredientes de origem vegetal e o mel que sejam fonte de açúcares e amido, e aptos para serem consumidos também são considerados

adjuntos. A quantidade máxima que deve ser usada dos adjuntos cervejeiros em relação ao extrato primitivo não deve exceder 25% (BRASIL, 2019).

Os adjuntos cereais mais comumente utilizados são o arroz, o milho e o trigo, mas também podem ser usados a aveia, o sorgo e o triticale. Esses adjuntos são adicionados durante a preparação do mosto cervejeiro, aproveitando das enzimas presentes no malte para realizar a hidrólise do amido que existe em açúcares fermentescíveis (VENTURINI FILHO, 2010).

### **2.1.3 Etapas de produção**

A primeira etapa para elaboração da cerveja, se inicia com a moagem do malte, o malte é encaminhado para os moinhos com finalidade de cortar a casca para liberação do amido no processo. Também a moagem reduz o tamanho das partículas de amido e resulta em um aumento na velocidade de hidrólise do amido (DE OLIVEIRA, 2011).

Na etapa de mosturação, que é realizada após a moagem, o malte é conduzido até os tanques de mostura onde, o malte moído é misturado com água e submetido a um processo de aquecimento. O ideal é que a temperatura não ultrapasse 72 °C, para que as enzimas não sejam inativadas. As enzimas presentes no malte são liberadas para o meio e, sob influência do calor são ativadas promovendo a hidrólise catalítica do amido (DE OLIVEIRA, 2011). Assim, o malte moído é solubilizado em água permitindo que ocorra processos enzimáticos que englobam grupos de enzimas como as proteases, amilases e fosfatases. As proteínas de alto peso molecular são parcialmente degradadas pelas proteases em proteínas de médio ou baixo peso molecular (aminoácidos e peptídeos). As amilases e dextrinases sacarificam com a formação de dextrina, monossacarídeo, dissacarídeo e trissacarídeos e conseqüentemente é obtido o mosto. As fosfatases a partir da transformação do fosfato dibásico e fosfato monobásico contribui para a acidificação do meio, o que leva o fosfato de cálcio precipitar e a subsequente clarificação do mosto (PASTORE, 2013).

A mostura é a mistura resultante, atravessa um sistema de filtros cuja função é separar a casca da mistura. Na torta formada, ainda há frações de açúcares que são úteis na fermentação. Após a filtração, a mostura é denominada como mosto (DE OLIVEIRA, 2011). Ainda nesta fase, a separação dos componentes líquidos e sólidos (bagaço) são separados do mosto (PASTORE, 2013). É crucial separar o mosto rico em açúcares da casca e do material não solubilizado, isso ocorre após o término do processo de mosturação. Em geral, essa etapa é realizada em tinas de filtração. As tinas são recipientes que contém fundo falso perfurado permitindo a passagem do líquido, enquanto retém as cascas. As cascas exercem o papel de

filtro para o mosto (MORAES, 2001). Após essa etapa, a camada de filtro é lavada com uma quantidade de água a 75°C, chamada de água secundária. Esse procedimento visa aumentar a extração de açúcar e conseqüentemente, aumentar o rendimento (VENTURINI FILHO, 2010).

Depois da etapa de filtração, o lúpulo é adicionado ao mosto filtrado e submetido a fervura. Durante a fervura ocorre a inativação de enzimas, coagulação proteica, esterilização do mosto, extração de compostos aromáticos e amargos provenientes do lúpulo. Após a etapa de fervura, o mosto já contido com lúpulo é resfriado e preparado para receber a levedura, que irá realizar a fermentação. O processo de aeração ocorre após o resfriamento (VENTURINI, 2016).

Na fase de fermentação, as leveduras consomem os açúcares fermentáveis, se reproduzindo e produzindo álcool e dióxido de carbono, assim como ésteres, ácidos e álcoois superiores que transmitem propriedades organolépticas à cerveja. A cerveja resultante do fermentador após a fermentação, é chamada de cerveja verde, é encaminhada aos tanques de maturação, onde permanece por períodos variáveis a temperaturas de aproximadamente 0 °C. Logo, ocorre a sedimentação de partículas em suspensão e desencadeiam reações de esterificação, responsáveis por produzir aromas essenciais para a cerveja (DE OLIVEIRA, 2011).

A segunda filtração tem como objetivo remover as partículas em suspensão e absorver as substâncias que fornecem coloração desagradável à cerveja (DE OLIVEIRA, 2011). O envase da cerveja deve ocorrer em garrafas limpas, após o enchimento os recipientes são fechados de forma a evitar a passagem do gás e da cerveja (VENTURINI FILHO, 2016).

Por fim, é realizada a pasteurização na temperatura de aproximadamente 70 °C para eliminar alguns microrganismos capazes de prejudicar as características originais da cerveja (VENTURINI FILHO, 2016).

## **2.2 Bagaço de Malte**

Segundo a Instrução Normativa nº 81, de 19 de dezembro de 2018, subproduto é a substância ou produto resultante de um processo produtivo cujo objetivo principal não é sua produção, podendo empregar diretamente na alimentação animal, sem necessidade de qualquer outro processamento além da prática industrial normal.

O malte moído e solubilizado em água encontra-se presente na etapa de mosturação, no fim do processo é possível obter o precipitado (bagaço de malte). Na etapa de filtração do mosto é obtido o bagaço por separação do sólido através de tinas de filtração.



Aproximadamente 85% do total de subprodutos gerados pelas cervejarias é representado pelo bagaço de malte, resultando em cerca de 20 Kg úmido para cada 100 litros de cerveja produzida. No Brasil em 2007, a produção de cerveja foi de cerca 10,3 bilhões de litros, sendo possível estimar que nesse ano a produção de bagaço de malte atingiu aproximadamente 2,1 milhões de toneladas (VENTURINI FILHO, 2022).

Normalmente, o bagaço de malte é utilizado ou destinado a algumas práticas comuns como ração animal, substrato para cogumelos, fertilizantes, biogás e compostagem. O bagaço de malte pode ser considerado uma alternativa atrativa para a alimentação humana, pois tem grande oferta contínua, custo relativamente baixo e valor nutricional potencial. Como exemplo, o uso do bagaço de malte para inserção na produção de pães ricos em proteínas, seria benéfico para regiões mais pobres do mundo, onde há escassez de alimentos. O bagaço de malte tem diversas aplicações viáveis, o principal desafio na sua utilização é o custo de transporte, quando o bagaço de malte se encontra ainda úmido e/ou a necessidade de secagem.(MUSSATTO, 2006). A tabela 2, foi adaptada a partir das informações fornecidas por Mussato e Roberto (2006, 2022).

Tabela 2 - Composição química do bagaço de malte.

Componentes	(% p/p)
Celulose (glucana)	16,78
Hemicelulose	28,42
Xilana	19,94
Arabinana	8,48
Lignina total	27,78
Lignina Klason	22,96
Lignina solúvel em ácido	4,82
Cinzas	4,60
Proteínas	15,25
Extrativos (por diferença)	5,82

Fonte: Adaptado de Mussato e Roberto, 2006 apud Venturini Filho, 2022.

### **2.2.1 Aplicação industrial do bagaço de malte**

Os resíduos provenientes da indústria de alimentos, especialmente da indústria cervejeira, representam uma excelente oportunidade para reduzir os problemas ambientais relacionados ao considerável volume de produção desses resíduos. Além disso, essa prática permite agregar valor nutricional a produtos de panificação (DOS SANTOS GIULIANI, 2019). Sendo um subproduto rico em fibras frequentemente descartado, tem sido objeto de estudo nos últimos anos para seu aproveitamento mais refinado na produção de alimentos fibrosos. Diversas receitas foram desenvolvidas, incluindo opções como cookies de bagaço de malte, brownie de chocolate com bagaço de malte e cerveja, pão de cevada e mel, waffle de malte e maçã, almôndegas de bagaço de malte, entre outros. A maioria dessas criações representa formas inovadoras, especialmente em variações de pães (NASCIMENTO, 2020).

Dada a abundância de fibras e proteínas no bagaço de malte, juntamente com suas propriedades probióticas, cervejarias como a HOP Bros e Deodora expressaram interesse na criação de um gelato que incorporasse esse resíduo cervejeiro em sua composição. O gelato, uma variante de sorvete, foi concebido com o propósito de oferecer uma opção mais nutritiva e refrescante, levando em consideração a temperatura característica do estado (NASCIMENTO, 2020).

Portanto, é crucial aproveitar todos os potenciais recursos e subprodutos da indústria cervejeira. Dessa maneira, é possível criar formas sustentáveis e com qualidade de agregar valor ao que se tem à disposição (ALBUQUERQUE, 2023).

### **2.3 Proteínas e suas propriedades**

As proteínas são polímeros que compõem um grupo de macromoléculas, com estrutura formada por carbono, nitrogênio, hidrogênio, oxigênio e, às vezes, ferro, enxofre, cobre, zinco e fósforo. Os aminoácidos que se ligam através de ligações peptídicas, é a representação da unidade monomérica das proteínas. Estas proteínas diferem entre si pela carga, polaridade, massa molecular, número e distribuição dos resíduos dos aminoácidos na molécula. As características que diferenciam as proteínas estão relacionadas à conformação molecular, que inclui estruturas secundárias, terciárias e quaternárias. Essa conformação molecular está diretamente ligada à função da proteína, seja ela funcional, nutricional, estrutural ou envolvida em processos biológicos (AUGUSTO, 2017).

### 2.3.1 Proteínas do bagaço de malte

A classificação das proteínas está em três principais grupos: proteínas simples, proteínas conjugadas e proteínas derivadas. Apenas, os dois primeiros grupos são encontrados na natureza. Conforme a solubilidade, as proteínas simples são classificadas em albuminas, glutelinas, globulinas, prolaminas, protaminas, escleroproteínas e histonas. As prolaminas e glutelinas, são proteínas encontradas somente em vegetais. Como exemplos de prolaminas pode-se citar a: cevada (hordeína), o milho (seína), e o trigo e centeio (gliadina) (BRASIL, 2014).

As proteínas desempenham um papel fundamental para nossa constituição fisiológica, até mesmo nos vegetais. Para os vegetarianos é especialmente relevante, já que não consomem proteínas animais se mantendo em homeostasia, utilizando aminoácidos provenientes de fontes vegetais (GALANTE,2014).

Vários subprodutos têm sido explorados como ingredientes proteicos na produção de alimentos. O conceito fundamental nesse tipo de abordagem é a agregação de valor a produtos que, embora tenham potencial importantes, para se tornarem adequados a uma utilização específica precisam de algum tipo de processamento (ANTUNES,2003).

A principal proteína de armazenamento na cevada é representada pela hordeína (HERNÁNDEZ-ESPINOSA1A, 2015). As hordeínas são proteínas, classificadas como prolaminas de armazenamento, representam aproximadamente 40% da quantidade total de proteínas encontradas no grão de cevada. Essas proteínas, podem ser divididas em A (< 20 kDa), B (30-45 kDa), C (45-75 kDa) e D (100 kDa). Com isso, as proteínas categorizadas como A, não são verdadeiramente proteínas de armazenamento. Já as frações B e C constituem de 70-80% e 10-12% do total de hordeínas respectivamente, enquanto a D é considerada a fração minoritária (MOLINA, 2001). As hordeínas são classificadas com base em suas propriedades de solubilidade e são extraídas utilizando misturas de álcool e água (KAPP,2022).

### 2.3.2 Propriedades Ácido básicas das proteínas

A desnaturação das proteínas pode ser promovida pela adição de ácidos ou bases devido ao fato de alterarem a distribuição de cargas negativas e positivas, conhecida como ionização das proteínas. São raras as proteínas que permanecem íntegras em pH fortemente ácido ou básico (GALANTE, 2014). A natureza e o número dos grupos ionizados nos radicais R dos resíduos de aminoácidos são predominantemente determinantes para o comportamento de uma proteína em soluções básicas ou ácidas. Assim, como os aminoácidos e peptídeos, as

proteínas apresentam pontos isoelétricos característicos em que se comportam como íons dipolares, com número de cargas positivas e negativas iguais. Em grande parte das proteínas globulares possuem pontos isoelétricos entre 4,5 e 6,5. Destaca-se que, o ponto isoelétrico de uma proteína, não depende, contudo, da concentração de proteína mas, pode haver alteração ocorrendo conseqüentemente um deslocamento do ponto isoelétrico pelo fator temperatura (RIBEIRO, 2007).

### **2.3.3 Técnicas para extração de proteínas**

Para separar as frações, é necessário determinar métodos específicos para cada um dos componentes valiosos contidos no bagaço de malte. Os métodos de extração devem ser eficientes na separação das proteínas da cevada, viabilizando sua comercialização bem-sucedida e permitindo seu uso em um ambiente industrial. Existem diversos métodos potenciais de extração de proteínas, tais como extração alcalina, extração ácida e filtração, além de técnicas mais inovadoras, como tratamento ultrassônico e tratamento de campo elétrico pulsado (JAEGER, 2021).

Os progressos na tecnologia ultrassônica se combinam de maneira sinérgica com outras tecnologias, fatores críticos e mecanismos, melhorando as estratégias de extração e processamento das proteínas provenientes de fontes alternativas, incluindo algas, vegetais, insetos e microbiana (DAS, 2022). Comparado a outras tecnologias eco-inovadoras, o ultrassom apresenta baixo custo de investimento e curto tempo de extração (CHEMAT, 2020). De acordo com SENGAR (2022), devido às limitações em processo convencional de extração e modificação impulsionaram a busca de novas técnicas e métodos para a transformação de proteínas. Nos últimos anos, várias abordagens de extrações e modificações, incluindo ultrassom, micro-ondas, eletricidade pulsada, irradiação gama, ultrafiltração, entre outros, foram testadas e avaliadas ao seu efeito nas propriedades funcionais e físicas das proteínas vegetais.

### **2.3.4 Funcionalidade das proteínas em sistemas emulsionados**

A emulsão consiste na dispersão de pequenas gotas de um líquido, em uma fase contínua de outro líquido, que é imiscível. As proteínas têm como função formar e estabilizar emulsões, elas evitam a coalescência, quando constituem um filme em redor das pequenas gotas. A exposição das cadeias laterais apolares dos resíduos de aminoácidos (hidrofóbicos), é o principal fator dependente das eficiência das proteínas para estabilização de emulsões. As proteínas globulares, que tem mais capacidade hidrofílica, se tornam excelentes

estabilizadores de emulsão quando estão desnaturadas, pois expõem a região interior hidrofóbica (AUGUSTO,2017).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O malte Pilsen utilizado neste estudo foi adquirido no comércio local da cidade de Lavras-MG. O processo de mosturação do malte (60 minutos a 65 oC) para a obtenção de cerveja foi conduzido no laboratório de Processamento de Vegetais da Universidade Federal de Lavras. Após o cozimento e filtração, o bagaço foi lavado com água aquecida a 75 oC. O produto obtido foi então congelado até posterior análises.

#### **3.1 Secagem e preparação do bagaço de malte seco**

Para início do processamento, foi realizada a secagem do bagaço de malte Pilsen em estufa a 70 °C durante 24 horas. As análises partiram do bagaço de malte com teor de 4% de umidade. Após a secagem, o bagaço de malte passou pela trituração em liquidificador doméstico e foi armazenado em sacos plásticos a temperatura ambiente. Dois tratamentos foram realizados em duplicata, os quais: EC (extração convencional sem uso de ultrassom) e EU (extração com auxílio de ultrassom), sendo realizadas duas repetições.

#### **3.2 Extração das proteínas pelo método de mudança de pH**

Inicialmente, para cada repetição foram utilizados 50 g de bagaço de malte seco, sendo solubilizado em NaOH 0,1 M e água destilada para atingir um pH > 11 e volume final de 500 mL. O volume foi dividido em 2 béqueres. Em seguida, as amostras preparadas foram submetidas em aquecimento a 41 °C durante 1 hora.

Durante o período de uma hora, o tratamento com ultrassom envolveu 40 minutos de aquecimento em intervalos de 5 minutos, com agitação assistida por ultrassom, totalizando 20 minutos sob essa condição. Os parâmetros ultrassônicos foram mantidos constantes em 60% de amplitude, 240 W e um tempo de 5 minutos, conforme determinado por pré-testes. No tratamento sem ultrassom, a amostra foi submetida a 10 minutos de banho-maria, totalizando 40 minutos, seguido de intervalos de 5 minutos de agitação manual com a ajuda de um bastão de vidro. Finalmente, a suspensão foi centrifugada a 3.600 rpm por 10 minutos para separação, resultando no bagaço de malte como sedimento, que foi descartado (ARAUZO, 2019).

O sobrenadante foi ajustado para um pH 3,0 com ácido tricloroacético 1,0 M. Assim, as proteínas se precipitam e são recuperadas após a centrifugação a 3.600 rpm por 10 min. O

sobrenadante obtido foi descartado e o resíduo sólido contendo as proteínas precipitadas foram congeladas nos tubos de falcon e armazenadas para posteriores análises (ARAUZO,2019).

### **3.3 Análises físico-químicas**

As análises foram feitas para o bagaço de malte seco e para as proteínas obtidas do processo de extração.

#### **3.3.1 Determinação teor de Umidade**

Para determinar o teor de umidade, foram pesados 2 a 7 g da amostra em cápsula porcelana previamente tarada. O aquecimento da amostra durou cerca de 24 horas a 105 °C em estufa e logo após as amostras foram levadas para um dessecador para o resfriamento em temperatura ambiente. O cálculo do teor da umidade foi realizado através do n° de gramas da amostra dividido pelo n° de gramas de umidade (perda de massa em g) e multiplicando-se por 100 (IAL, 2008).

#### **3.3.2 Quantificação de Proteínas- Método de Kjeldahl clássico**

Pesou-se 0,1 g da amostra em papel de seda. Após, foram transferidas para o balão de Kjeldahl (papel+amostra). Adicionou-se 25 mL de ácido sulfúrico e 6 g da mistura catalítica. Na capela, as amostras foram aquecidas em chapa elétrica até a solução ficar na tonalidade azul-esverdeada e livre de material não digerido, que são os pontos pretos. Aqueceu-se por 1 hora e deixou esfriar. Depois de esfriar, transferiu-se quantitativamente o material do balão para o frasco de destilar. Foram adicionadas 10 gotas de fenolftaleína (indicador) e 1 g de zinco em pó. Ligou o balão ao conjunto de destilação. A extremidade do refrigerante deve estar mergulhada em 25 mL de ácido sulfúrico 0,05 M, contido no Erlenmeyer de 500 mL com 3 gotas de indicador vermelho de metila. Ao frasco que contém a amostra digerida foi adicionado, por meio de um funil com torneira, contendo solução de hidróxido de sódio a 30% garantindo ligeiramente excesso de base. Em seguida, foi aquecido à ebulição e destilado para obter cerca de 250 a 300 mL do destilado. Por fim, titulou o excesso de ácido sulfúrico 0,05 M com hidróxido de sódio 0,1 M, com o uso de vermelho metila (IAL, 2008).

Para cálculo do teor de proteínas % m/m, multiplica-se a diferença entre o n° de mL de ácido sulfúrico 0,05 M e o n° de mL de hidróxido de sódio 0,1 M gastos na titulação por 0,14 e pelo fator de conversão (5,83) para cevada, dividindo pelo n° de g da amostra (IAL, 2008).

### 3.3.3 Determinação do Índice de Cremeação

O Índice de Cremeação (IC), foi determinado pelo método descrito por Liang (2018). A altura de óleo ou creme separado em cada amostra foi avaliada diretamente no tubo. Utilizando-se a Equação 1, temos que o índice de cremeação é 100 vezes a altura da fase que sofreu cremeação ou seja, separação (hs) dividido pela altura total da emulsão da amostra (ht). Essa equação fornece uma avaliação da eficácia para o sistema de emulsão, indicando quanto maior o IC, menor a estabilidade do sistema.

$$IC = \left( \frac{hs}{ht} \right) \times 100\% \quad (\text{Equação 1})$$

### 3.3.4 Preparo das amostras para avaliação de estabilidade de emulsão

As análises de emulsão foram realizadas com as proteínas extraídas do bagaço de malte e em comparação à proteína de soro de leite. As proteínas obtidas do processo de extração foram pesadas 6 a 10 g da amostra em cápsula porcelana, ela foi previamente tarada. Após, foram levadas ao aquecimento por 24 horas a 70 °C em estufa e logo foram levadas para um dessecador para o resfriamento em temperatura ambiente. Após o resfriamento foram trituradas com auxílio de almofariz com pistilo e armazenadas no dessecador em potes para posteriores análises.

### 3.3.5 Estabilidade macroscópica de emulsões

A metodologia foi realizada conforme descrito por Silva (2022). Primeiramente, foi pesado 300 mg da amostra proteica EC (sem ultrassom) e EU (com ultrassom), adicionou 60 mL de água destilada para cada replicata. Foi feita a homogeneização e o ajuste do pH para maior que 11 usando NaOH 0,1 mol/L. Foi necessário agitação magnética para melhorar a mistura da amostra e para separar as partículas suspensas ainda existentes foi necessário realizar a filtração a vácuo. Cada uma das replicatas foram colocadas em béqueres de 100 mL e adicionando 20 mL de óleo de soja comercial. Usaram-se dois controles amostrais: água e óleo (C1) sem adição de proteínas, e água e óleo com adição de proteína de soro de leite (WP), nas mesmas concentrações utilizadas anteriormente.

Por fim, todos os tratamentos foram levados para emulsificação imediatamente com o auxílio do ultrassom (Digital Sonifer Branson, S-450D, Branson Ultrasonics Corporation, Danbury, Connecticut, USA) na amplitude de 60% e 240 W por 2 minutos e cada uma das amostras e controles foram colocadas em provetas de 100 mL para análise da estabilidade

macroscópica. A avaliação foi realizada a olho nu no tempo 0, 10, 20, 30, 60, 1440 e 2880 minutos em mudança de volume (mL) de cada uma das amostras.

### 3.3.6 Microestrutura

Para realização da análise de microestrutura das emulsões, foi utilizado um microscópio óptico de luz polarizada modelo BX51 (Olympus, Tokyo, Japão). A quantidade de alíquotas de emulsão (5 µL), 0,5-1,0 cm foram retirados da superfície das provetas e despejados em lâminas de microscópio. Essas lâminas foram cobertas com lamínulas de vidro e observadas com aumento de 100x. Com auxílio de câmera digital modelo CMOS (Evtescan, China) foram tiradas imagens para cada emulsão e em diferentes períodos de armazenamento (LESSA,2022).

### 3.4 Análise estatística

Os resultados da análise de proteína, foi avaliada através da análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5% de significância, utilizando o programa SISVAR.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos da análise de teor de proteínas, pelo método Kjeldahl clássico estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 - Teor de proteína do bagaço de malte em base seca e do concentrado proteico em base seca % (m/m).

Tratamentos	Proteína (%)
B1 (bagaço de malte)	8,4 ± 0,4 <sup>b</sup>
EU (extração com auxílio de ultrassom)	22,9 ± 1,5 <sup>a</sup>
EC (extração convencional sem uso de ultrassom)	23,3 ± 0,6 <sup>a</sup>

As médias seguidas da mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade do teste Tukey.

Fonte: Do autor, 2023.

Na literatura de Venturini (2010), baseado no estudo de Mussato (2006), o valor de proteína do bagaço de malte encontrado foi igual a 15,25 %. O valor obtido neste trabalho foi

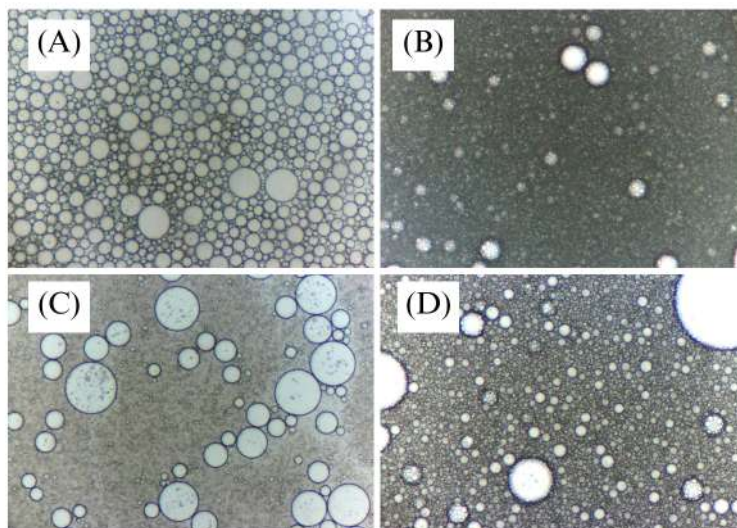


de 8,4% de proteína, em base seca. Segundo Venturini (2010), o valor da composição química do bagaço de malte pode variar de acordo com o tipo de cevada e devido às condições de maltagem e mosturação.

O EU e EC não apresentaram diferenças significativas entre si, com relação ao teor de proteínas, portanto, a utilização do ultrassom para extração não foi suficiente para aumentar a eficiência de extração de proteínas no presente estudo. De acordo com o estudo de Li (2021), a potência ultrassônica quanto maior, progressivamente aumenta o rendimento da proteína, e uso de potência entre 150 W a 200 W, fez com que a eliminação inicial da proteína ocorresse lentamente. Também o estudo de Li (2021) apontou que, aumento da potência do ultrassom para 250 W contribui para a ruptura celular e aumenta a permeabilidade das paredes celulares, facilitando a entrada do solvente no interior do material e removendo as proteínas, e consequentemente obtendo aumento do rendimento de 60,92% para 75,38%.

O ácido tricloroacético (TCA) apresenta uma menor eficiência na precipitação de proteínas, quando estas encontram-se em estados desnaturados. É importante compreender se as proteínas que foram precipitadas pelo TCA, podem ser recuperadas integralmente em solução, na sua conformação nativa (RAJALINGAM, 2009). O estudo de De Paula (2021), também demonstrou que, o concentrado proteico do bagaço de malte obtido por extração assistida por ultrassom aumentou o rendimento e apresentou 48,3 % de proteínas.

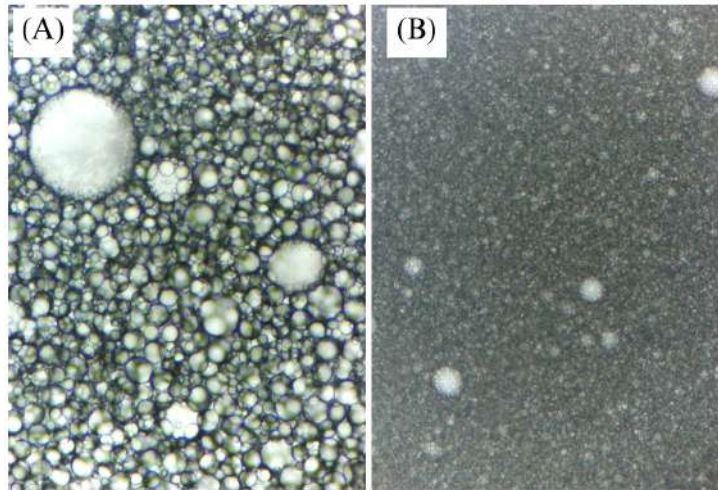
Figura 4 - Imagens obtidas a partir de microscópio óptico de luz polarizada das emulsões produzidas no tempo 0 horas.



A) Emulsão EC (sem ultrassom). B) Emulsão de água e óleo com adição de proteína de soro de leite (WP). C) Emulsão EU (com ultrassom). D) Emulsão de água e óleo sem adição de proteínas (C1).

Fonte: Do Autor, 2023.

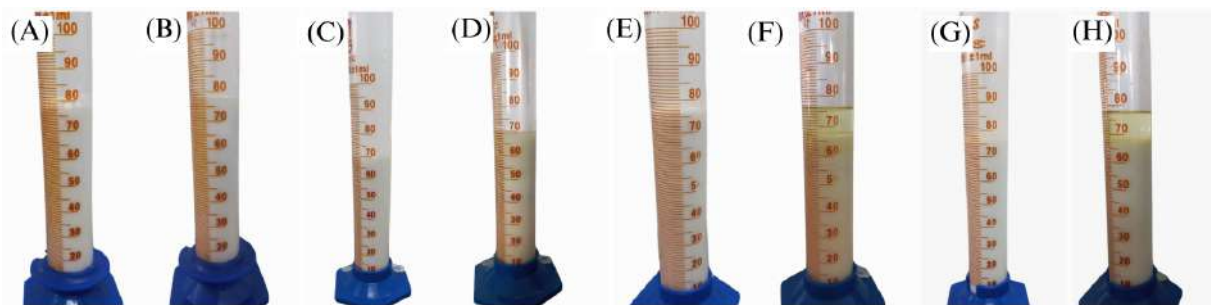
Figura 5 - Imagens obtidas a partir de microscópio óptico de luz polarizada das emulsões EC e WP, após 72 horas.



A) Emulsão EC (sem ultrassom). B) Emulsão de água e óleo com adição de proteína de soro de leite (WP).

Fonte: Do Autor, 2023.

Figura 6 – Aspecto visual das emulsões produzidas nos diferentes tratamentos nos tempo 0h e 72h.



A) Emulsão de água e óleo com adição de proteína de soro de leite (WP) no tempo 0h. B) Emulsão de água e óleo com adição de proteína de soro de leite (WP) no tempo 72h. C) Emulsão EC (sem ultrassom) no tempo 0h. D) Emulsão EC (sem ultrassom) no tempo 72h. E) Emulsão EU (com ultrassom) no tempo 0h. F) Emulsão EU (com ultrassom) no tempo 72h. G) Emulsão água e óleo sem adição de proteínas (C1) no tempo 0h. H) Emulsão água e óleo sem adição de proteínas (C1) no tempo 72h.

Fonte: Do Autor, 2023.

As proteínas agem como emulsificante em sistemas água e óleo devido a presença de grupos funcionais hidrofílicos e hidrofóbicos. No entanto, a conformação das proteínas também tem influência na capacidade emulsificante pela disponibilização maior ou menor de tais grupos funcionais. De acordo com Franzol e Rezende (2015), a formação de glóbulos pequenos facilita o empacotamento e, origina em emulsões mais estáveis. No entanto, pela análise microscópica é possível observar a presença de glóbulos pequenos na emulsão de água e óleo (C1) porém, sua estabilidade é baixa (Figura 6), isso pode ser atribuído ao fato dos

glóbulos emulsionados não estarem empacotados. E como os glóbulos de EU (com ultrassom) são maiores, conseqüentemente a estabilidade emulsificante é menor (Figura 6). Podemos confirmar tal fenômeno com os resultados da Tabela 4.

Em relação a todas as emulsões, o glóbulos da água e óleo com adição de proteína de soro de leite (WP) são menores, que por teoria sua estabilidade seria maior que as demais. A Figura 6, mostra que a estabilidade de WP permanece sobre todo o tempo de estudo. A presença de gotas maiores podem dificultar a adsorção do emulsificante, afetando a estabilidade da emulsão e aumentando o fenômeno de coalescência (SILVA, 2018). Destacando que, a quantidade de proteínas presente no isolado de soro de leite é maior em relação ao concentrado proteico.

O concentrado proteico de soro do leite ou Whey Protein Concentrate (WPC), resulta em um produto final com teor de proteína entre 35% e 80%, enquanto o isolado proteico do soro de leite ou Whey Protein Isolate (WPI), contém um teor que varia entre 80 % a 95% (BRANS, 2004). A EC (sem ultrassom) permaneceu estável durante o tempo de estudo, os glóbulos desse tratamentos são médios, o que provavelmente com período maior de estudo sua estabilidade seria menor comparado ao EU. Na Figura 4, vemos que os glóbulos estão mais dispersos e no decorrer do tempo de estudo (Figura 5) houve formação de mais glóbulos, contribuindo para a estabilidade (Figura 6), pois os glóbulos da proteína atuaram como emulsificantes naturais, envolvendo as gotículas de óleo e ajudando na estabilidade.

Os valores apresentados na Tabela 4, foram calculados através do Índice de Cremeação (IC), a altura de óleo ou creme separado nos tubos, foi medida diretamente em cada amostra a olho nu através de uma régua após 72 horas.

Tabela 4 - Valores de Índice de Cremeação das emulsões produzidas nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	IC (%)	Intensidade de separação
C1 (água e óleo)	-	+++
WP (proteína de soro de leite )	0	-
EC (sem ultrassom)	12,74	+
EU (com ultrassom)	-	+++

Fonte: Do Autor, 2023.

O Índice de Cremeação foi avaliado qualitativamente, os símbolos (+) representam a intensidade de separação. Quanto mais símbolos (+), menor a estabilidade da amostra. Não foi possível obter resultados de índice de cremeação para C1 e EU, ambos não tiveram separação de creme (Figura 6), indicando a instabilidade e a separação significativa de fases óleo nas amostras.

Para WP, observou-se um Índice de Cremeação de 0%, sugerindo a ausência de separação de fases, e a estabilidade da emulsão foi mantida, destaca-se a porcentagem de proteína de soro de leite de aproximadamente 90%, sendo maior em relação às demais. Enquanto EC, apresentou o Índice de Cremeação de 12,74%, indicando que ocorreu fase de cremeação apesar disso, EC tem maior estabilidade em relação a C1 e EU.

## 5. CONCLUSÃO

O presente estudo reforça que o bagaço de malte, como resíduo da produção de cervejas, é uma fonte interessante de proteínas. Além disso, mostrou que a extração pela mudança de pH assistida por ultrassom não aumentou o rendimento na potência usada, comparado ao processo de extração sem ultrassom. Os parâmetros operacionais e o método de extração teve efeito significativo nas propriedades emulsificantes da proteína com uso de ultrassom, diminuindo a sua capacidade emulsificante. Para processos de extração de proteínas com auxílio de ultrassom, deve-se avaliar não somente a eficiência de extração, mas também aspectos de funcionalidade das proteínas extraídas.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Ismael Mendes Cavalcanti de. **Influência da farinha de bagaço de malte nas propriedades físicas de iogurte batido**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino**. Editora Manole Ltda, 2003.
- ARAUZO, P. J. et al. **Effect of protein during hydrothermal carbonization of brewer's spent grain**. *Bioresource technology*, v. 293, p. 122117, 2019.
- AUGUSTO, P. E. D. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Atheneu, 2017. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- BRANS, G. B. P. W. et al. **Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges**. *Journal of Membrane Science*, v. 243, n. 1-2, p. 263-272, 2004.
- BRASIL. **Decreto nº 9.902, de 8 de Julho de 2019**. Brasília, DF: Presidência da República, 2019.

BRASIL, FOOD INGREDIENTS. **Dossiê Proteínas**. Revista fi, n. 28, 2014.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019**.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 81, de 19 de dezembro de 2018**.

BRASIL. Ministério da saúde. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

CHEMAT, F. et al. **A review of sustainable and intensified techniques for extraction of food and natural products**. Green Chemistry, v. 22, n. 8, p. 2325-2353, 2020.

DAS, R. S. et al. **Impact of ultrasound processing in alternative protein systems: Protein extraction, nutritional effects and associated challenges**. Ultrasonics Sonochemistry, p. 106234, 2022.

DE OLIVEIRA, N. A. M. **Leveduras utilizadas no processo de fabricação da cerveja**. 2011.

DE PAULA, M. **Obtenção de concentrado proteico do bagaço de malte através da extração assistida por ultrassom**. 2021. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande.

DOS SANTOS GIULIANI, Caroline et al. **Elaboração de bolo enriquecido com fibras a partir da utilização de resíduo de cervejaria/Preparation of fiber enriched cake from the use of beer waste**. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 15396-15404, 2019.

FRANZOL, A.; REZENDE, M. C. **Estabilidade de emulsões: um estudo de caso envolvendo emulsionantes aniônico, catiônico e não-iônico**. **Polímeros**. São Paulo, v.25, p.1-9, Dez.2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-1428.1669>.

GALANTE, F.; FERREIRA DE ARAÚJO, M. V. **Fundamentos de bioquímica: para universitários, técnicos e demais profissionais da área de saúde**. 2. ed. São Paulo: Rideel, 2014. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 01 nov. 2023.

HERNÁNDEZ-ESPINOSA1A, N. et al. **Importancia de las proteínas de almacenamiento en cereales (prolaminas)**. **Vertientes Rev. Espec. Cienc. Salud**, v. 18, p. 3-7, 2015.

JACKSON, M. **Cerveja**. Traduzido por Marina Slade Oliveira. 2ª edição, 2010.

JAEGER, A. et al. **Barley protein properties, extraction and applications, with a focus on brewers' spent grain protein**. **Foods**, v. 10, n. 6, p. 1389, 2021.

KAPP, G. R.; BAMFORTH, C. W. **The foaming properties of proteins isolated from barley**. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, n. 11, p. 1276-1281, 2002.

LESSA, V. L. et al. **Obtention and evaluation of physico-chemical and techno-functional properties of macauba (*Acrocomia aculeata*) kernel protein isolate**. **Food Research International**, v. 161, p. 111848, 2022.

- LI, W. et al. **Modification of structural and functional characteristics of brewer's spent grain protein by ultrasound assisted extraction.** LWT, v. 139, p. 110582, 2021.
- LIANG, X. et al. **Investigation of oil-in-water emulsion stability with relevant interfacial characteristics simulated by dissipative particle dynamics.** Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, v. 546, p. 107-114, 2018.
- KUBASKI, Luana Aparecida; ITO, Paula Bauto. **Desenvolvimento de embalagem biodegradável a partir de resíduos da indústria de batata e cerveja.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- LUTZ, I. A. **Normas Analíticas: Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos.** 2004.
- MOLINA, G.. **Vale a pena estudar engenharia de alimentos.** 1. ed. São Paulo: Blucher, 2022. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 05 nov. 2023.
- MOLINA-CANO, J. L. et al. **Relationships between barley hordeins and malting quality in a mutant of cv. Triumph I. Genotype by environment interaction of hordein content.** Journal of Cereal Science, v. 34, n. 3, p. 285-294, 2001.
- MORAES, I. O. **Biotecnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 2021. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 01 out. 2023.
- MUSSATTO, S. I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I. C. **Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications.** Journal of cereal science, v. 43, n. 1, p. 1-14, 2006.
- NASCIMENTO, Clodoaldo Silva do et al. **Prospecção de produtos inovadores com a utilização do bagaço de malte na fabricação de gelatos.** 2020.
- PASTORE, G. M.; BICAS, J. L.; MARÓSTICA JÚNIOR, M. R.. **Biотecnologia de alimentos.** 1. ed. São Paulo: Atheneu, 2013. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 30 out. 2023.
- RAJALINGAM, D. et al. **Trichloroacetic acid-induced protein precipitation involves the reversible association of a stable partially structured intermediate.** Protein science, v. 18, n. 5, p. 980-993, 2009.
- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 2007. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 30 out. 2023.
- SILVA, I. L.; HUBINGER, M. D.; ERAZO, E. M. V. **Estudo de estabilidade de emulsões estabilizadas por concentrado proteico de soro do leite produzidas por ultrassom.** Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP, n. 26, 2018.
- SENGAR, A. S. et al. **Application of power ultrasound for plant protein extraction, modification and allergen reduction—A review.** Applied Food Research, v. 2, n. 2, p. 100219, 2022.
- SPÓSITO, M. B. et al. **A cultura do lúpulo.** Série Produtor Rural, v. 68, 2019.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas ciência e tecnologia. 2. ed.** São Paulo: Blucher, 2016. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 01 out. 2023.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas. 1. ed.** São Paulo: Blucher, 2010. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 01 out. 2023.

VENTURINI FILHO, W. G. **Indústria de bebidas. 2. ed.** São Paulo: Blucher, 2022. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 22 nov. 2023.