

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS E ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MARIANA DE ANGELO RODRIGUES

AVALIAÇÃO DE DEXTRINAS ESTERIFICADAS COM ÁCIDO CÍTRICO COMO
CLARIFICADORES PÓS-FERMENTAÇÃO DA CERVEJA TIPO LAGER

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2021

MARIANA DE ANGELO RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DE DEXTRINAS ESTERIFICADAS COM ÁCIDO CÍTRICO COMO
CLARIFICADORES PÓS-FERMENTAÇÃO DA CERVEJA TIPO LAGER**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso Superior de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador(a): Prof.Dr. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo

CAMPO MOURÃO

2021



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DE DEXTRINAS ESTERIFICADAS COM ÁCIDO CÍTRICO COMO CLARIFICADORES PÓS-FERMENTAÇÃO DA CERVEJA TIPO LAGER

por

MARIANA DE ANGELO RODRIGUES

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado no dia 04 de maio de 2021 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo
Orientador

Profa. Dra. Stéphanie Caroline Beneti
Avaliador

Prof. Dr. José Hilton Bernardino de Araujo
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que me acompanharam e me deram forças para que eu continuasse. Muitas vezes quando pensei em desistir me disseram que no final tudo valeria à pena. Gostaria de agradecer individualmente cada uma, mas se sintam abraçados e saibam que vocês tiveram um papel fundamental na graduação.

Porém, existem pessoas que eu não estaria aqui se não fosse por suas influências. Primeiramente agradeço a Deus, Ele permitiu que tudo acontecesse e está comigo desde o começo, só ele sabe o quanto isso é importante para mim.

Agradeço a minha mãe, Alexandra Alves de Angelo, que é meu maior exemplo de foco, determinação e de mulher, e ao meu pai, Marcos Rodrigues, que me apoia em todas as minhas decisões. Saibam que vocês são as pessoas mais importantes da minha vida e que tudo que faço é pensando em vocês. Sei que deixaram de fazer muitas coisas para eu estar aqui hoje e todos os agradecimentos do mundo não seriam suficientes.

Ao meu orientador, Prof. Dr Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo por todo conhecimento compartilhado, por ter despertado em mim a paixão na pesquisa e principalmente a ajuda e paciência durante todo o trabalho.

Estar a quase 750 km de distância da minha família me fez criar laços que não imaginaria criar longe de casa, então gostaria de agradecer a todos os amigos que fiz em Campo Mourão. Em especial Maria Eduarda, Juliana Dovirgens, Pedro Ignacio, Tiago Costa e Leonardo Daluz que foram meu colo longe de casa.

Falando em amizade não seria justo não agradecer a Gabriela Cristie, amiga e irmã que desde sempre nunca me deixou sozinha e que mesmo longe sempre esteve presente em minha vida.

E para tornar esse período mais especial gostaria de agradecer aos meus maiores presentes, Miguel e Melissa, vocês ainda não entendem o quanto me mudaram, mas um dia vocês terão a dimensão do quanto são fundamentais em minha vida e o quanto me motivam todos os dias.

RESUMO

O amido é uma matéria prima abundante, renovável e não tóxica que pode ser extraído com elevada pureza por meios de processos industriais e é amplamente usado pela indústria alimentícia. Por meio de modificações físicas e químicas, os amidos podem apresentar propriedades desejadas em aplicações específicas. Hoje a indústria cervejeira carece de alternativas de polímeros que sejam totalmente compatíveis com a matriz amilácea do malte, então, abre-se a ideia de utilização dos amidos modificados que agem de forma semelhante aos clarificantes comerciais visando aumento de eficiência e redução de custos de produção. Esta pesquisa teve por objetivo avaliar o comportamento de dextrinas esterificadas com ácido cítrico e de um amido oxidado, todos com características aniônicas, como clarificadores na etapa pós-fermentação em cerveja tipo "lager". Como parâmetro de comparação, utilizou-se os clarificantes comerciais sílica gel, Clear Max MF (ácido tânico), polivinilpolipirrolidona (PVPP), Biofine Clear (colágeno de peixe), gelatina e carragena. A atuação da clarificação ocorre por meio do sequestro de precursores presentes no mosto, positivamente carregados através da ação das cargas negativas dos clarificantes. Foram avaliadas a quantificação de proteínas, de compostos fenólicos, de proantocianidinas, as análises de turbidez e claridade e para verificar se houve alterações, quando adicionado dextrinas, em propriedades importantes para a qualidade do produto final foi realizada as análises de pH e sólidos solúveis. Assim, foi possível concluir que a utilização dessa alternativa é eficiente, e que o amido oxidado e dextrinizado de batata (BaODC) obteve resultados mais satisfatórios em relação as outras dextrinas na etapa de pós-maturação. E que o amido dextrinizado de batata (BaDC) tem poder clarificante na etapa de fervura eficiente.

Palavras-chave: clarificante; cerveja artesanal; dextrinas; amidos.

ABSTRACT

Starch is in general an abundant, renewable and non-toxic material that can be extracted with high purity by industrial processes means and it is widely used by the food industry. Through physical and chemical modifications are used for it to present this desired properties and characteristics in specific applications. Nowadays, the brewing industry lacks polymer alternatives that are fully compatible with the malt starch matrix, so pops up the idea of using modified starches that act in a similar way to commercial clarifiers seeking efficiency increasement and reducing the production costs. This research aimed to evaluate the behavior of dextrans esterified with citric acid and oxidized starch, all with anionic characteristics, as clarifiers in the post-fermentation stage in "lager" beer. As a comparison parameter, a commercial silica clarifying gel was used, Clear Max MF (tannic acid), polyvinylpolypyrrolidone (PVPP), Biofine Clear (fish collagen), gelatin and carrageenan. The action of clarification occurs through the stealing of precursors present in the mash, positively charged through the action of the negative charges from the clarifiers. The quantification of proteins, phenolic compounds, proanthocyanidins, turbidity and clarity analyzes were evaluated and to check if there were changes, when dextrans were added, in important properties to the quality of the final product, it was made the pH and soluble solids analyzes. Therefore it was possible to conclude that the use of this alternative is efficient, and that the oxidized and dextrinated potato starch (BaODC) obtained more satisfactory results in relation to the other dextrans in the post-maturation stage. And that the potato dextrinated starch (BaDC) has clarifying power in the efficient boiling stage.

Key Words: beer clarifier; craft beer; dextrans; starches.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma do processo de fabricação da cerveja.....	19
Figura 2- Estruturas químicas da amilose e amilopectina	25
Figura 3- Moedor de grãos utilizado da fabricação da cerveja	28
Figura 4- Malte Pilsen e malte especial caramelo antes da moagem.....	29
Figura 5- Malte Pilsen e malte especial caramelo após da moagem	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição do malte em massa seca	16
Tabela 2- Valores de concentração de proteínas (mg.L^{-1}) no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação.....	54
Tabela 3- Valores de concentração de compostos fenólicos (mg EAG.L^{-1}) no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação.....	57
Tabela 4- Valores de concentração de proantocianidinas (mg EC.L^{-1}) no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação	58
Tabela 5- Valores de turbidez total (EBC) a 0°C no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação.....	40
Tabela 6- Valores de turbidez pelo frio (EBC) ao final da maturação (vigésimo dia).....	59
Tabela 7- Valores de claridade pela medida da absorvância ($\lambda=600\text{nm}$) no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação a 20°C	60
Tabela 8- Valores de pH medidos no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação	45
Tabela 9- Valores de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação a 20°C	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Concentração de proteínas (mg.L^{-1}) no décimo dia e no vigésimo dia de maturação	35
Gráfico 2- Concentração de compostos fenólicos (mg EAG.L^{-1}) no décimo dia e no vigésimo dia de maturação.....	37
Gráfico 3- Concentração de proantocianidinas (mgEC.L^{-1}) no décimo dia e no vigésimo dia de maturação.....	38
Gráfico 4- Turbidez pelo frio (EBC) ao final da maturação (vigésimo dia).....	41
Gráfico 5- Claridade pela medida da absorbância ($\lambda=600\text{nm}$) no décimo dia e no vigésimo dia de maturação a 20°C	43
Gráfico 6- Quantidade de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) no décimo dia e no vigésimo dia de maturação a 20°C	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa	11
1.2	Objetivos	14
1.2.1	Objetivos específicos.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Ingredientes	15
2.1.1	Água	15
2.1.2	Malte.....	15
2.1.3	Lúpulo.....	16
2.1.4	Levedura.....	16
2.2	Fabricação do mosto cervejeiro	17
2.2.1	Moagem.....	17
2.2.2	Mosturação.....	17
2.2.3	Filtração.....	17
2.2.4	Fervura	18
2.2.5	Whirlpool.....	18
2.2.6	Resfriamento	18
2.2.7	Fermentação	19
2.2.8	Maturação.....	19
2.3	Clarificação do mosto	20
2.3.1	Sílica gel.....	21
2.3.2	Clear Max (ácido tânico).....	21
2.3.3	Polivinilpolipirrolidona (PVPP)	22
2.3.4	Biofine Clear (colágeno de peixe).....	22
2.3.5	Gelatina	23
2.3.6	Carragena.....	23
2.4	Amido modificado	24
2.4.1	Oxidação	25
2.4.2	Dextrinação e esterificação	26
3	METODOLOGIA	27
3.1	Materiais	27

3.2	Métodos	27
3.2.1	Produção do mosto cervejeiro	27
3.2.2	Adição dos clarificantes	31
3.2.3	Avaliação da clarificação da cerveja lager	32
3.2.3.1	Quantificação de proteínas	32
3.2.3.2	Quantificação de compostos fenólicos	32
3.2.3.3	Quantificação de proantocianidinas.....	33
3.2.3.4	Turbidez.....	33
3.2.3.5	Análise de claridade	34
3.2.3.6	Medição de pH	34
3.2.3.7	Sólidos solúveis.....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1	Avaliação da clarificação	35
4.1.1	Determinação de proteínas	35
4.1.2	Determinação de compostos fenólicos	36
4.1.3	Determinação de proantocianidinas	38
4.1.4	Determinação de turbidez.....	39
4.1.5	Determinação da claridade.....	42
4.2	Análise de pH e sólidos solúveis para os tratamentos	44
4.2.1	Avaliação do pH	44
4.2.2	Avaliação dos sólidos solúveis	46
5	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	49
	APÊNDICES	56

1 INTRODUÇÃO

A legislação brasileira define cerveja como a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por um adjunto cervejeiro (BRASIL, 2019). Segundo o tipo de leveduras, as cervejas podem ser classificadas como Lager, de baixa fermentação e Ale, cerveja de alta fermentação (VENTURINI FILHO, 2018).

O mercado da cerveja é bastante promissor, movimentando uma gigantesca rede que abrange desde a pesquisa, cultivo, fabricação, comercialização de insumos e matérias-primas e a entrega do produto ao consumidor, isso promove um crescimento da atividade cervejeira no Brasil avançando de forma sustentada nos últimos anos (CERVBRASIL, 2019). Podendo ser considerada uma das mais importantes atividades produtivas do século XXI. Pode-se dizer que seu consumo é globalizado e a participação do Brasil nesse mercado internacional chama a atenção de grandes empresas que atuam no setor (FREITAS, 2015).

O mercado cervejeiro brasileiro movimenta cerca de R\$ 77 bilhões, correspondendo a 2% do produto interno bruto (PIB) nacional e cerca de 14% da indústria de transformação. Este ramo, nos últimos anos, vem apresentando uma taxa de crescimento constante, cerca de 5% ao ano, tornando o Brasil o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, atrás apenas de China e Estados Unidos (SINDICERV, 2019).

1.1 Justificativa

Uma característica na maioria dos estilos de cervejas é apresentar boa qualidade visual, ou seja, a cerveja deve se apresentar límpida e sem deposição de sedimentos no fundo das embalagens que podem ser causadas devido à turbidez. Este defeito pode relacionar diretamente como um produto estragado para o consumidor ou cliente (AQUARONE *et al.*, 2001).

A cerveja pode tornar-se turva por dois fatores principais, a turbidez microbiana onde ocorre o crescimento de bactérias. Geralmente ocorre em cerveja não pasteurizada (chope) armazenada de forma inadequada sem refrigeração, por

exemplo. Em cerveja pasteurizada esse problema é praticamente inexistente (BAMFORTH, 1999). No entanto, a principal causa de turbidez é a não microbiana que é induzida pela presença de precursores, proteínas de elevado peso molecular e de certos compostos fenólicos, sendo recomendável a drástica diminuição desses componentes vindos, principalmente, do malte. Para evitar esse tipo de problema quatro técnicas básicas de clarificação podem ser utilizadas tanto individualmente como em combinação: a sedimentação por gravidade, o uso de agentes clarificantes, centrifugação e filtração (BRIGGS *et al.*, 2004).

No processo de fabricação da cerveja, especificamente na etapa de fervura do mosto, procura-se eliminar o excesso de proteínas procedentes do malte através da desnaturação térmica e da formação de complexos entre as proteínas e os compostos polifenólicos presentes no lúpulo (WARD, 2020).

As proteínas coaguladas e complexos proteínas-compostos fenólicos são retirados por sedimentação forçada, após o final da fervura, usando a técnica de turbilhamento (*whirlpool*). Para aumentar a precipitação das proteínas, que coagulam em altas temperaturas, normalmente é usada goma carragena, um polissacarídeo de origem marinha, que por possuir cargas negativas, se complexa com as proteínas aumentando a densidade do sólido e facilitando sua sedimentação. A atividade da carragena se prolonga nos estágios de fermentação e maturação (OLIVEIRA, 2015). Embora a cerveja possa ser obtida com uma boa limpidez de várias formas, o uso dos agentes clarificantes alcança melhores resultados e em tempos menores (ESSLINGER, 2009).

Após a maturação, a cerveja ainda contém leveduras suspensas, partículas coloidais, devido a formação de complexos proteínas-polifenóis e outras substâncias insolúveis favorecidas pelas baixas temperaturas e baixos pHs durante esta etapa.

Para retirar essas partículas coloidais são usados agentes clarificantes “pós-fermentação” como a gelatina, com capacidade de se ligar às leveduras e compostos fenólicos, sílica gel amorfa que possui afinidade pelas proteínas precursoras de turbidez e a polivinilpolipirrolidona (PVPP) de ação removedora de compostos fenólicos. O uso dos clarificantes facilita a etapa de filtração e permite a obtenção de uma bebida límpida e brilhante (BRIGGS *et al.*, 2004).

O amido encontra-se distribuído em diversas espécies vegetais como um carboidrato de reserva, sendo abundantes em grãos de cereais (40% a 90% do peso seco), leguminosas (30% a 50% do peso seco), tubérculos (65% a 85% do peso

seco) e frutas imaturas ou verdes (40% a 70% do peso seco) (LAJOLO *et al.*, 2006). É uma matéria prima abundante, renovável e não tóxica que pode ser extraída com elevada pureza por meios de processos industriais e é amplamente usado pela indústria de alimentos (LEONEL *et al.*, 2011).

De forma geral, os amidos nativos não são muito utilizados, devido alguns problemas, como fragilidade do grânulo gelatinizado quando aplicado uma forma de cisalhamento, sua sensibilidade a longos períodos de cocção e pHs baixos que ocasionam uma queda de viscosidade e a má associação das macromoléculas, principalmente da amilose, ocorrendo a sinérese que é acelerada quando o amido é submetido a resfriamento ou aquecimento (TAGGART, 2004).

Por isso, utilizam-se modificações físicas e/ou químicas para que este apresente propriedades e/ou características desejadas em aplicações específicas (KAUR *et al.*, 2012). Algumas modificações podem resultar em um amido negativamente carregado (LI *et al.*, 2009) e essa carga negativa é capaz de reagir com proteínas através das ligações eletrostáticas (LI *et al.*, 2012).

Hoje a indústria cervejeira carece de alternativas de polímeros que sejam totalmente compatíveis com a matriz amilácea do malte, abre-se então um caminho para a utilização desses amidos carregados negativamente que atuem de forma análoga aos clarificantes comerciais (OLIVEIRA, 2015).

O presente trabalho é continuação do realizado por Arita (2019), que modificou amidos nativos por tratamentos oxidantes, dextrinização com ácido cítrico e por combinação de ambos os tratamentos e os avaliou como clarificantes na etapa de fervura na elaboração de cerveja estilo Ale (alta fermentação). Alguns amidos dextrinizados, oxidados-dextrinizados e oxidados indicados no trabalho de Arita (2019), todos de características aniônicas, como os de melhores capacidades clarificantes na cerveja tipo Ale, nesta pesquisa foram avaliados como clarificantes na fabricação de cerveja tipo Lager (baixa fermentação).

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento de dextrinas esterificadas com ácido cítrico como clarificadores na etapa pós-fermentação na cerveja tipo “lager”.

1.2.1 Objetivos específicos

- Comparar o efeito clarificante na cerveja tipo lager entre as dextrinas esterificadas e os clarificantes comerciais: sílica gel, Clear Max MF (ácido tânico), polivinilpolipirrolidona (PVPP), Biofine Clear (colágeno de peixe), gelatina e carragena;
- Avaliar o efeito clarificante das diferentes dextrinas e dos clarificantes comerciais através das análises: quantificação de proteínas, de compostos fenólicos, de proantocianidinas, turbidez, claridade, pH e sólidos solúveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É de extrema importância conhecer de forma pontual todos os ingredientes que fazem parte da fabricação da cerveja e os processos que são envolvidos para obter um produto de qualidade.

2.1 Ingredientes

2.1.1 Água

A água é a principal matéria-prima do processo, pois aproximadamente 92% a 95% do peso da cerveja são constituídos por água. Toda água possui sais dissolvidos, se a quantidade destes sais for alta, lhe confere “gosto” à água, influenciando diretamente nos processos químicos e enzimáticos que ocorrem no processo, e conseqüentemente, na qualidade da cerveja produzida (VENTURINI FILHO, 2018).

O perfil de minerais da água tem grande influência na conversão de açúcares no mosto (SANTOS *et al.*, 2006). Cada perfil de água contribui para a produção de cervejas com sabores únicos e influencia positiva ou negativamente na conversão do amido em açúcares, bem como levar a uma atenuação de sabores específicos, dependentes destes minerais (PALMER, 2006).

2.1.2 Malte

O termo malte é resultado da germinação, sob condições controladas, de qualquer cereal, dentre eles, cevada, milho, trigo, aveia, entre outros. O mais utilizado em cervejarias é o malte proveniente da cevada (VENTURINI FILHO, 2005). O malte da cevada reúne várias características que justificam sua utilização na produção de cerveja: é rica em amido, contém enzimas, possui uma casca que confere proteção ao grão durante a malteação e dá o aroma e sabor característicos ao produto (ZUPPARDO, 2010).

Abaixo a Tabela 1 mostra a composição do malte utilizado no processo cervejeiro:

Tabela 1- Composição do malte em massa seca

Substâncias	Porcentagem (%)
Amido	55-65
Proteína	9,5-11,5
Hemicelulose e gomas	Cerca de 10
Substâncias graxas	2-3
Substâncias minerais	2,5-3,5
Celulose	3,5-7

Fonte: RONCONI (2016).

2.1.3 Lúpulo

O lúpulo (*Huamulus lupulus L.*) é uma trepadeira perene, dióica (apresenta plantas masculinas e femininas) pertencente à família *Cannabinaceae* (VENTURINI, 2000).

Os lúpulos fornecem aspectos de suma importância na produção de cervejas, dentre os aspectos mais importantes estão: amargor, aroma, flavor (combinação de aroma e sabor), sensação na boca, espuma, estabilidade do flavor, propriedades antimicrobianas, ajudando a inibir o crescimento de microrganismos que podem prejudicar o flavor e aparência da cerveja (HIERONYMUS, 2012).

Além de resinas e óleos essenciais, possuem também em sua composição proteínas, polifenóis e substâncias minerais (VENTURINI FILHO, 2005; VARNAM; SUTHERLAND, 1997).

2.1.4 Levedura

A levedura é o microrganismo responsável pela conversão de açúcares fermentáveis em etanol e outros subprodutos (OSMAN *et al.*, 2003). Na presença de oxigênio, estes microrganismos multiplicam-se, mas, na sua ausência realiza a fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, metabolizando os açúcares fermentescíveis (maltose, glicose e maltotriose) para produzir álcool, CO₂, energia na forma de ATP (adenosina tri-fosfato) e calor, que são essenciais para a produção da cerveja (VENTURINI FILHO; CEREDA, 1996).

É no estágio da fermentação que a cerveja se define em dois tipos principais: ale e lager (EVANGELISTA, 2012). Ou seja, é a escolha da levedura que diferencia as cervejas de alta (ale) e de baixa (lager) fermentação (COLE, 2011). As cervejas tipo Ale, conhecidas como bebidas de alta fermentação, utilizam as leveduras *Saccaromyces cerevisiae*, já nas cervejas Lager, de baixa fermentação, as leveduras atuantes são as *Sacaromyces pastorianus*.

2.2 Fabricação do mosto cervejeiro

A fabricação tradicional da cerveja é descrita por Szwajgier e Bancarzewska (2011) e compreende basicamente as seguintes etapas (Figura 1):

2.2.1 Moagem

A moagem tem como objetivo quebrar os grãos do malte para aumentar a superfície de contato possibilitando a atuação enzimática e a liberação do amido. Essa etapa é executada em equipamentos, do tipo moinhos de rolos, discos ou martelos, para a exposição do conteúdo interno do cereal (VENTURINI, 2000).

2.2.2 Mosturação

Esta etapa tem como objetivo a transformação do amido para açúcares fermentescíveis (maltose, glicose, maltotriose) pelas enzimas do malte (alfa e beta-amilase) e em alguns não fermentescíveis, responsáveis pelo corpo e sabor da cerveja (AQUARONE *et al.*, 2001).

Mantêm-se o mosto agitado em determinadas faixas de temperatura e tempo para ativação das enzimas. As rampas de temperatura são variáveis de acordo com os aspectos desejados para o produto final (MATOS, 2011).

2.2.3 Filtração

Nessa etapa a moagem é de extrema importância, pois a casca proveniente do malte forma uma espécie de cama no interior do tanque, auxiliando no processo de separação da parte insolúvel do malte (bagaço) e do mosto (EVANGELISTA, 2012).

A filtração é realizada em duas partes, inicialmente a fração líquida é retirada após percorrer o leito filtrante, esse líquido é chamado de mosto primário e em seguida o resíduo sólido é lavado para recuperar o extrato que se mantém na torta do filtro para aumentar o rendimento do processo (AQUARONE *et al.*, 2001).

2.2.4 Fervura

O mosto após ser filtrado é encaminhado para a fervura e é nessa etapa que ocorre a adição do lúpulo. O objetivo da fervura é promover a isomerização do lúpulo que consiste na conversão dos alfa-ácidos em iso-alfa-ácidos garantindo um amargor característico para a cerveja e desenvolvendo substâncias aromáticas. Essa isomerização ocorre de forma máxima entre 60 e 70 minutos de fervura (ESSLINGER, 2009).

2.2.5 Whirlpool

Essa etapa tem o objetivo de clarificar o mosto, isso ocorre por conta da remoção do trub (flocos que são formados na fervura, que constitui principalmente proteínas coaguladas, polifenóis, lipídeos e o bagaço do lúpulo) (SCHISLER *et al.*, 1982).

A técnica é feita através da sedimentação, uma agitação de forma tangencial do mosto à parede do tanque onde cria-se um vortex central. Após agitação o mosto é mantido em repouso promovendo a compactação dos flocos facilitando a remoção (HORNSEY, 1999 apud BRUNELLI, 2012).

2.2.6 Resfriamento

A etapa de resfriamento é feita geralmente por trocadores a placa com o objetivo de reduzir a temperatura do mosto até a temperatura adequada para a inoculação na levedura. É necessário que o resfriamento ocorra rapidamente para evitar contaminação do produto (MATOS, 2011).

A aeração do mosto é feita logo após o resfriamento onde é introduzido, de forma forçada, ar estéril ou oxigênio. Esse processo permite um ambiente favorável

para o crescimento das leveduras que é realizado através do metabolismo oxidativo (respiração) (AQUARONE *et al.*, 2001).

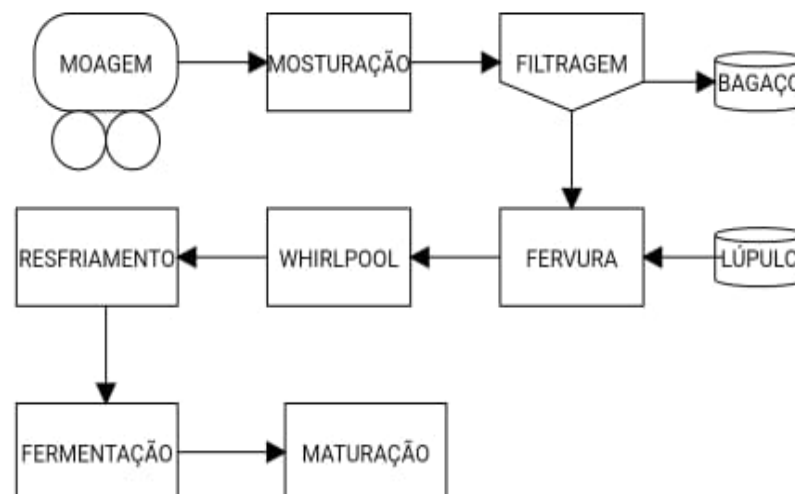
2.2.7 Fermentação

A fermentação é o processo de biotransformação do mosto doce à cerveja. Para ocorrer uma boa fermentação é necessário selecionar uma cepa de microrganismo de acordo com o estilo de cerveja que será produzido (alta ou baixa fermentação) e determinar o tempo de fermentação (ZUPPARDO, 2010). O mosto é transferido para os tanques de fermentação (VENTURINI, 2018) fazendo a conversão processada pela levedura (fermento) de glicose, em etanol, gás carbônico, sob condições anaeróbicas liberando calor (ZUPPARDO, 2010).

2.2.8 Maturação

Após o consumo dos açúcares disponíveis no mosto, a levedura tende a reduzir seu metabolismo para um estado de latência. Para estimular este processo e otimizar a decantação das leveduras, a temperatura deve ser reduzida para valores próximos a 0°C. Mesmo a esta temperatura, a fermentação ainda continua, fazendo então a saturação da cerveja com CO₂ (BICALHO, 2011).

Figura 1- Fluxograma do processo de fabricação da cerveja



Fonte: Autoria própria.

2.3 Clarificação do mosto

De forma geral, a cerveja pode ser avaliada em muitos aspectos como flavor (sabor e aroma), aparência (cor, claridade, carbonatação e espuma) e estabilidade (alterados por mecanismos físicos ou contaminação microbiana) (BREWERS ASSOCIATION, 2014).

Embora a turbidez da cerveja seja uma característica natural da bebida e até mesmo um elemento que diferencia certos estilos, obter uma cerveja mais límpida pode contribuir significativamente para o sabor, aparência visual e estabilidade coloidal (CÁRDENAS, 2003).

A translucidez é um componente da qualidade da cerveja e depende de vários fatores que estão relacionados com as matérias-primas, o processo de desenvolvimento e tipo de clarificante utilizado (POSADA, 1995).

A matéria-prima utilizada para produzir a cerveja é fonte de precursores da turbidez como polifenóis e proteínas. Esse fenômeno ocorre devido às partículas microscópicas suspensas que resultam na precipitação e floculação de polipeptídeos e polifenóis durante a fervura (LEATHER, WARD, 1994). Uma característica desejável durante essa etapa é promover uma floculação rápida com coesão forte e compactação do trub, possibilitando a obtenção de um mosto claro (RYDER, POWER, 2006).

Na etapa de fervura, nas condições de temperaturas elevadas (cerca de 70°C) ocorre a desnaturação das proteínas (causadoras da turvação do mosto) que se ligam com os polifenóis (sobretudo taninos) formando coágulos grandes (complexos proteína-polifenol) que precipitam, esses complexos são removidos de forma relativamente fácil pela técnica de turbilhonamento. Essa interação pode ocorrer por meio de ligações de hidrogênio, ligações iônicas e interações hidrofóbicas (WARD, 2020).

Porém um problema que ocorre durante a fervura é devido à adição do lúpulo, o trub formado adere aos detritos do lúpulo isso permite que o trub se separe como flocos finos, promovendo uma coagulação não eficiente, que permanecem em suspensão (BRIGGS *et al.*, 2004), podendo permanecer no mosto, sendo transportados para as fases subsequentes do processo de fabricação da cerveja. Dessa forma, para reforçar a precipitação dessas partículas, são adicionados ao mosto agentes clarificadores na etapa de fervura (LEATHER; WARD, 1995).

Este processo resulta em melhorias na claridade do mosto frio, em comparação com mostos não adicionados, fornecendo benefício significativo. A reação que acontece nesse procedimento é uma interação eletrostática entre as moléculas carregadas negativamente e os polipeptídios (cargas positivas), gerando uma precipitação eficiente desses compostos (NACHEL, 2008).

Após a fermentação, a cerveja ainda contém leveduras suspensas, partículas coloidais devido a formação de complexos proteínas-polifenóis e outras substâncias insolúveis formadas devido às baixas temperaturas e ao baixo pH durante esta etapa. Então para se obter um produto brilhante e límpido é necessária uma etapa de clarificação (BRIGGS *et al.*, 2004).

Os agentes clarificantes tradicionalmente usados para clarificar o mosto são adicionados para auxiliar na etapa de clarificação. Devido a sua estrutura química, esses agentes possuem cargas positivas e interagem com as células de leveduras, as quais apresentam cargas negativas e com proteínas que também estão carregadas negativamente (ESSLINGER, 2009). A adição desses agentes permite a formação de flocos compactos que sedimentam lentamente e se acomodam na base dos fermentadores secundários (STEWART, 2018).

2.3.1 Sílica gel

A sílica gel é uma forma granulada de sílica hidratada que possui mecanismo de adsorção. Cada partícula possui poros grandes suficientes para permitir a entrada de proteínas formadoras de névoa, geralmente adicionada na etapa de maturação. Como a partícula adsorve a proteína os flocos formados sedimentam e se depositam no fundo do tanque de fermentação (NACHEL, 2008).

A adsorção ocorre nos chamados silanol (SiOH) e a capacidade de adsorção ocorre em função a quantidade de poros. Geralmente, o número de locais excede a quantidade de proteínas disponíveis (BRIGGS *et al.*, 2014).

2.3.2 Clear Max MF (ácido tânico)

Uma vez que as proteínas formam complexos de névoa durante a maturação com polifenóis, é possível a utilização de uma classe de polifenol para promover a remoção de proteínas sensíveis à névoa. Desta forma, o ácido tânico aniônico

(grupos cetônicos) interage com as proteínas catiônicas (grupos nucleofílicos) para formar um complexo insolúvel. Essencialmente, este tipo de clarificante atua como precipitante das proteínas sensíveis ao tanino (BRIGGS *et al.*, 2014).

Essas proteínas podem então ser removidas estabelecendo o precipitado formado. O grau de estabilidade alcançado é muito satisfatório com a aplicação desse tratamento (STEWART, 2018).

2.3.3 Polivinilpirrolidona (PVPP)

Este clarificante é considerado um adsorvente específico para polifenóis através de ligações de hidrogênio entre a hidroxila fenólica e o nitrogênio da PVPP (BRIGGS *et al.*, 2014). Isso é possível, pois possui uma estrutura similar ao aminoácido prolina (NACHEL, 2008). Esta seleção depende de formação sensível ao pH e ligações de hidrogênio que são quebradas novamente em solução alcalina com a liberação dos compostos de fenol adsorvidos (STEWART, 2018).

A PVPP é um agente clarificante muito eficaz em baixas concentrações. O produto é relativamente caro por isso não é frequentemente utilizado e geralmente quando usado como clarificante é realizada a regeneração com soda cáustica após ser usado na cerveja e recuperado por filtração (BRIGGS *et al.*, 2014).

2.3.4 Biofine Clear (colágeno de peixe)

O Biofine Clear é um produto a base de colágeno purificado e isolado de peixe. O colágeno é uma forma muito pura de proteína que possui uma proporção muito alta de resíduos de glicina e prolina. Esses resíduos contribuem para a formação de uma estrutura helicoidal que envolve cadeias de aminoácidos (STEWART, 2018).

O colágeno age através da complexação das proteínas carregadas negativamente e das leveduras. Sua utilização é muito semelhante a gelatina, com uma diluição mais demorada (NACHEL, 2008).

Esse clarificante é utilizado na cerveja na etapa de maturação para que ocorra a agregação das células de leveduras, formando flocos, promovendo a sedimentação (BRIGGS *et al.*, 2014).

2.3.5 Gelatina

A gelatina é uma proteína, isto é, um polímero de aminoácidos ligados por cadeias peptídicas. A glicina é o aminoácido predominante na gelatina, estando presente em 33%, enquanto 22% dos aminoácidos são constituídos por prolina e hidroxiprolina e os restantes 45% estão distribuídos entre os outros 17 aminoácidos diferentes (GELITA, 2009).

A gelatina pode apresentar cargas positivas ou negativas dependendo do pH do meio. Em bebidas fermentadas, espera-se que a maioria dos aminoácidos esteja carregada positivamente e a maioria dos grupos ácidos estejam descarregados (COLE, 1986). Um dos motivos da sua utilização ser durante a etapa de maturação.

Esse produto é usado como clarificante principalmente por seu baixo custo (SMITH, 2008) e sua ação se potencializa quando ocorre sua hidratação (NACHEL, 2008).

A reação ocorre com taninos, pectinas, partículas de leveduras, proteínas e materiais similares, iniciando a floculação e a clarificação (ALBUQUERQUE, 2009), pois a gelatina, carregada positivamente e os materiais turvantes carregados negativamente são atraídos e se combinam para formar um aglomerado de partículas que sedimentam. No processo de clarificação a primeira reação que ocorre com a gelatina é a formação de complexos entre os polifenóis existentes e a proteína da gelatina, visando a precipitação do floco formado. A segunda reação é a formação de complexo entre as proteínas naturais e a gelatina adicionada (GELITA, 2009).

2.3.6 Carragena

Com o objetivo de melhorar a formação de trub, é possível adicionar eletronegativos no final da fervura ou próximo a ela. Uma alternativa muito utilizada é a goma carragena (BRIGGS *et al.*, 2004). Esta goma é obtida através de extrato de algas marinhas (NACHEL, 2008).

As carragenas são proximamente relacionadas à família estrutural de polissacarídeos marinhos (WARD, 2020) compostos de uma cadeia de galactose e, ocasionalmente, anidrogactose. Alguns dos grupos hidroxilas livres são

esterificados com grupos sulfato que fornecem a carga negativa (BRIGGS *et al.*, 2004).

O mecanismo de clarificação do mosto é descrito pela direta interação eletrostática de moléculas negativamente carregadas da carragena com proteínas positivamente carregadas (WARD, 2020). Sob condições ideais de ebulição com a adição desse clarificante ocorre a formação de grandes flocos que podem ser removidos pelo turbilhonamento (BRIGGS *et al.*, 2004).

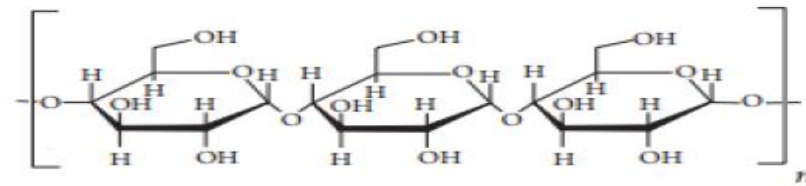
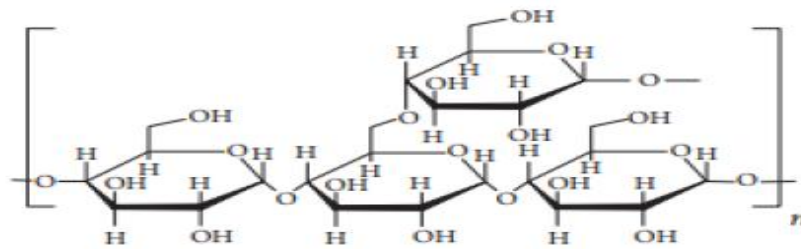
2.4 Amido modificado

O amido é um polissacarídeo natural, sendo a principal fonte de reserva de carboidratos nas plantas e constitui fonte de energia essencial para muitos organismos. São produzidos em pequenos agregados individuais denominados grânulos que apresenta forma e tamanho variável, sendo composto pelas macromoléculas amilose e amilopectina (SPIER, 2010).

A amilose é um polissacarídeo formado de cadeias lineares helicoidais de resíduos de glicose unidos entre si por ligações glicosídicas α -1,4, podendo apresentar pequenas ramificações, enquanto que a amilopectina constitui a fração altamente ramificada do amido e é formada por várias cadeias de resíduos de glicose unidas entre si por ligações glicosídicas α -1,4, das quais partem ramificações com ligações α -1,6 (CERQUEIRA, 2012).

A proporção relativa e as diferenças estruturais entre a amilose e a amilopectina contribuem para as diferenças significativas nas propriedades do amido e funcionalidade das aplicações (WURZBURG, 2006). As diferenças estruturais da amilose e amilopectina são possíveis verificar na figura 2.

Figura 2- Estruturas químicas da amilose e amilopectina

**Amilose****Amilopectina**

Fonte: UNESP (2013).

De uma forma geral, os amidos nativos não são apropriados para a maioria das aplicações alimentícias por diferentes motivos (TAGGART, 2004). Os amidos modificados apresentam maior funcionalidade em termos de estabilidade durante o processamento de alimentos industrializados quando comparados ao amido nativo, além de apresentarem melhorias quanto à formação e consistência do gel, à claridade e solubilidade das pastas e quanto às propriedades térmicas e mecânicas (SANDHU *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2006).

A estrutura do amido nativo pode ser modificada por métodos físicos, químicos ou enzimáticos (BENINCA *et al.*, 2013). As modificações também podem ser empregadas com objetivo de diversificar o amido estruturalmente, promovendo caráter iônico ou hidrofílico (KAUR *et al.*, 2012) que possibilita a interação com leveduras, proteínas e compostos fenólicos presentes na cerveja na etapa de maturação.

2.4.1 Oxidação

A oxidação por hipoclorito de sódio é uma das reações, mais usadas, desenvolvidas para modificação do amido. Trata-se de uma reação química onde algumas hidroxilas são oxidadas preferencialmente a radicais carboxilas (COOH) e uma pequena quantidade a radicais carbonilas (C=O) (FRANCO *et al.*, 2002).

Em geral, com o aumento da concentração de hipoclorito de sódio observa-se a diminuição do peso molecular, da viscosidade intrínseca, da temperatura de gelatinização e aumento dos radicais carboxilas e carbonilas que conferem caráter iônico ao amido oxidado (CHATTOPADHYAY *et al.*, 1997).

2.4.2 Dextrinização e esterificação

A reação de dextrinização consiste em aquecer o amido em faixas de temperaturas de 110 a 220 °C na presença de um catalisador ácido (KASICA *et al.*, 2001). A dextrinização com ácidos orgânicos conduz a uma reação de esterificação durante a hidrólise do amiláceo, originando as chamadas dextrinas (LEE *et al.*, 2018).

Essas dextrinas possuem peso molecular menor que o do amido nativo, são hidrossolúveis e possuem muitas aplicações industriais (MOORTHY, 2002).

3 METODOLOGIA

3.1 Materiais

Para a fabricação da cerveja foram adquiridos na cervejaria Tauá em Campo Mourão (PR) o malte Pilsen, o lúpulo citra e o fermento Fermentis- SafLager W-34/70 (levedura de baixa fermentação). O Malte especial tipo caramelo foi fornecido pelo Laboratório de Amidos da Universidade Tecnológica Federal do campus de Campo Mourão.

Os clarificantes comerciais que foram utilizados após a etapa de fermentação são a sílica gel (Spindasol SB2, grupo EAB), Clear Max MF (ácido tânico, Prozyn), a polivinilpirrolidona- PVPP (Polygel Plus, grupo AEB), Biofine (colágeno de peixe, Kerry), gelatina (Dr. Oetker, em pó incolor) e a carragena (Whirlfloc G, Kerry).

Para analisarmos os efeitos em comparativo com os clarificantes comerciais foram utilizadas dextrinas esterificadas, que constitui em amido oxidado e dextrinizado de batata (BaODC), amido dextrinizado de batata (BaDC), amido oxidado de batata (BaO), amido dextrinizado de mandioca (MaDC), amido dextrinizado de milho (MiDC). Essas dextrinas e o amido oxidado foram indicados por Arita (2019) como bons clarificantes na etapa de fervura na elaboração de cerveja tipo Ale (alta fermentação) e no presente trabalho foram avaliados com clarificantes pós fermentação da cerveja tipo Lager (baixa fermentação).

Os reagentes para as análises físico-químicas foram o ácido gálico (99,5% pureza, Dinâmica), reagente Folin-Ciocalteu (Dinâmica), carbonato de sódio anidro (99,5% pureza, Dinâmica), albumina (98% pureza, Dinâmica), reagente Bradford (Dinâmica), vanilina (Sigma), solução de catequina (Sigma, 120 mg.L⁻¹), ácido sulfúrico (9N, em metanol).

Todos os clarificantes comerciais, amidos modificados e reagentes foram cedidos pelo Laboratório de Amidos da Universidade Tecnológica do Paraná do campus de Campo Mourão.

3.2 Métodos

3.2.1 Produção do mosto cervejeiro

A metodologia utilizada na produção da cerveja analisada é descrita por Szwajgier e Bancarzewska (2011). Foram empregadas algumas adaptações ao processo, de acordo com as necessidades encontradas.

Inicialmente em uma balança semi-analítica foram pesados 5 kg de malte e 200 gramas de malte especial tipo caramelo (4% do malte total utilizado para a fabricação), em seguida o malte foi hidratado (20 mL de água para cada kg de malte) e homogeneizado manualmente. A hidratação do malte foi feita para que a casca do malte não se quebrasse com facilidade promovendo uma quantidade maior de casca integral que facilita a etapa de filtração do mosto. A moagem foi realizada em um moinho de 3 rolos mostrado na Figura 3.

Figura 3- Moedor de grãos utilizado da fabricação da cerveja



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 4 é possível visualizar o malte antes de passar pelo moedor e na Figura 5 depois da etapa de moagem para seguir para a etapa de mosturação.

Figura 4- Malte Pilsen e malte especial caramelo antes da moagem



Fonte: Autoria própria.

Figura 5- Malte Pilsen e malte especial caramelo após da moagem



Fonte: Autoria própria.

Após a moagem o malte foi transferido para a panela de mosturação com agitador para facilitar a hidrólise do amido e adicionou-se 23 litros de água potável sem cloro (proporção de 4,6 litros de água para cada kg de malte). Em seguida o mosto foi aquecido e a mosturação ocorreu com temperatura e tempo pré-estabelecidos, denominados de rampas.

As rampas utilizadas foram 10 minutos a 35°C para recircular o malte, nesse momento as glucanases e celulases hidrolizam parcialmente a casca alterando a viscosidade facilitando a filtração, simultaneamente é possível realizar a leitura certa

de pH até atingir o equilíbrio de 5,3. Após a recirculação a temperatura foi ajustada para 48°C que se manteve por 10 minutos e em seguida a temperatura novamente foi alterada para 65°C onde o mosto se manteve por 70 minutos.

A temperatura da mistura novamente foi elevada para 70°C por um período de 50 minutos, tempo necessário para realizar o teste do iodo, responsável por detectar amido, apresentando resultado negativo, ou seja, indicativo de hidrólise total do amido. A mosturação foi finalizada quando o mosto foi mantido a 78°C por 10 minutos.

O mosto final (10°Brix e pH de 5,1) foi transferido para uma panela de fervura com sistema de aquecimento elétrico. O mosto foi fervido por 20 minutos e a camada de espuma (proteínas suspensas) foi retirada, em seguida foi adicionado o lúpulo citra (20 gramas), sendo nesse momento considerado o tempo 0 minutos do início da fervura com o lúpulo. Após 45 minutos foi adicionado 4 gramas (dispersos em 200 mL de água fria) de amido de batata dextrinizado com ácido cítrico (BaDC). A fervura do mosto foi finalizada aos 60 minutos após a adição do lúpulo.

Em seguida foi realizado o turbilhonamento (*whirlpooling*), onde realizou-se um movimento tangencial com um agitador manual provocando um vortex central. O agitador foi retirado e o mosto foi mantido em repouso durante 40 minutos. Em seguida a mistura foi drenada por uma válvula localizada na parte inferior da panela de fervura e simultaneamente resfriado em trocador de calor serpentina para uma temperatura de 18 °C e transferido para o fermentador.

O mosto (rendimento total da produção de 23, 18 litros) foi oxigenado por borbulhamento com ar sanitizado vindo de um mini compressor de ar (10 minutos, vazão de 4 litros por minuto).

Em seguida o mosto já oxigenado (11,8 °Brix e pH de 5,1) foi inoculado 11,5 gramas de levedura de baixa fermentação Fermentis-SafLager W-34/70 (*Saccharomyces pastorianus*) previamente dispersa em 10 mL de água morna. O recipiente fermentador, com um sistema acoplado para a liberação do CO₂ sem permitir a entrada de ar do exterior, foi fechado e acondicionado em uma câmara a uma temperatura controlada de 11 °C para a realização da fermentação por 14 dias.

Ao finalizar a etapa de fermentação o mosto foi homogeneizado através da transferência para outro recipiente, a partir do qual foram divididos em volumes de 1,5 litros e depositados em 12 fermentadores secundários que foram previamente limpos e sanitizados. Cinco fermentadores receberam como clarificantes as

dextrinas de amidos de batata, mandioca e milho, 6 clarificantes comerciais e 1 fermentador sem adição de clarificantes chamado de cerveja controle (CC).

3.2.2 Adição dos clarificantes

Em cada fermentador secundário foram adicionados os clarificantes comerciais e as dextrinas.

As dextrinas (300 mg) foram adicionadas em beckeres de 100 mL e dispersas em 20 mL de água destilada, a seguir os beckeres foram colocados no forno microondas e aquecidas na potência máxima (100%) até o início de fervura, as amostras foram homogeneizadas com o auxílio de um bastão de vidro e o aquecimento continuou por mais 2 minutos na potência de 20%.

A quantidade de clarificante comercial a ser adicionado por litro de mosto fermentado foi baseado nas especificações dos fabricantes ou de referências bibliográficas.

Para a diluição da carragena pesou-se 75 mg que foram dispersas em 20 mL de água destilada e a seguir foi aquecida no forno microondas seguindo a mesma metodologia das dextrinas.

A polivinilpolipirrolidona (PVPP) foi hidratada ao dispersar 300 mg em 10 mL de água destilada seguida de repouso por 30 minutos em temperatura ambiente.

Para a sílica gel e o Clear Max foram feitas as dissoluções de 435mg e 60 mg de amostra, respectivamente, com 20 mL de água destilada.

A gelatina foi dissolvida (255 mg) em 10 mL de água destilada, seguida de aquecimento a 65°C por 10 minutos em banho termostático.

Para o Biofine inicialmente preparou uma mistura de 500 mg de clarificante e 70 mL de água destilada, que foi agitada magneticamente por 40 minutos a temperatura de 10°C, adicionaram-se mais 30 mL de água e se agitou por mais 20 minutos. E deste clarificante foram utilizados 9 mL do preparado (equivalente a 30 mg.L⁻¹).

A maturação dos mostos fermentados foi realizada ao colocar os fermentadores secundários em uma câmara a temperatura controlada de 0°C por 20 dias.

3.2.3 Avaliação da clarificação da cerveja lager

Para avaliar o efeito clarificante das dextrinas esterificadas e dos clarificantes comerciais foram coletadas alíquotas de cada fermentador secundário em pontos específicos do processo e, as mesmas foram submetidas às análises de: quantificação de proteínas, de compostos fenólicos, de proantocianidinas, turbidez a frio, absorvância a 600 nm, pH e sólidos solúveis. Todas as análises foram realizadas em triplicata para evitar erros sistemáticos que interferem nos resultados. Os pontos selecionados para avaliação foram:

- Tempo 0 da maturação: amostra coletada ao início da maturação;
- Tempo 10 da maturação: amostra coletada após 10 dias do início da maturação;
- Tempo 20 da maturação: amostra coletada após 20 dias do início da maturação.

3.2.3.1 Quantificação de proteínas

A concentração de proteínas em suspensão no mosto foi quantificada pelo método de Bradford (1976). O meio foi constituído por 100 μL da amostra acrescidos de 1500 μL do reagente Comassie e a leitura realizada em espectrofotômetro (modelo 600 Plus, Femto) a 595 nm após 10 minutos de incubação, previamente calibrado com o branco. A concentração de proteínas foi determinada usando uma curva experimental da albumina de soro bovino como padrão, e os resultados são expressos como mg de proteínas por litro ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$).

3.2.3.2 Quantificação de compostos fenólicos

A concentração de compostos fenólicos totais foi determinada pelo método espectrofotométrico desenvolvido por Folin-Ciocalteu segundo metodologia de Singleton e Rossi (1965) com algumas modificações. Foram pipetados 100 μL da

amostra, 2000 μL de água destilada, e 250 μL de Folin-Ciocalteu. Após 3 minutos de repouso, adicionou-se 2000 μL de solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3).

As soluções foram incubadas ao abrigo da luz por 30 minutos em banho termostático a 37°C para completa reação. A seguir, a absorbância foi lida a 765 nm em espectrofotômetro (modelo 600 Plus, Femto) previamente calibrado com o branco. Os teores de compostos fenólicos totais foram determinados por interpolação da absorbância das amostras contra uma curva de calibração construída com padrão de ácido gálico e expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico por litro (mg EAG.L^{-1}).

3.2.3.3 Quantificação de proantocianidinas

A concentração de proantocianidinas foi quantificada pelo método de vanilina. O meio foi constituído por 600 μL da amostra acrescidos de 1500 μL de vanilina e 1500 μL de ácido sulfúrico (9 N, em metanol) a leitura realizada em espectrofotômetro (modelo 600 Plus, Femto) a 500 nm previamente calibrado com o branco. Os teores de proantocianidinas foram determinados por interpolação da absorbância das amostras contra uma curva de calibração construída com padrão de catequina e expressos em miligramas de equivalente de catequina por litro (mg EC. L^{-1}).

3.2.3.4 Turbidez

Para a determinação da turbidez, 10 mL de cada amostra foi analisada pelo uso do turbidímetro (modelo TB-1000, MS Tecnopon). Para determinação da turbidez inicialmente a leitura da amostra foi feita com o aparelho dentro de uma câmara fria para que mantivesse a temperatura da amostra a 0°C . Em seguida o aparelho foi colocado em temperatura ambiente e a amostra ao chegar na temperatura de 20°C novamente foi realizada a leitura do aparelho. Este método detecta a turbidez originada a partir de substâncias não solúveis dispersas no líquido. O resultado foi expresso em NTU (Nephelometric Turbidity Unit) e ao ser dividido por 4 permite a conversão por unidade EBC (European Brewery Convention).

3.2.3.5 Análise de claridade

Para a determinação da claridade a metodologia empregada é a descrita por Dale *et al* (1995) com análise espectrofotométrica. Alíquotas da região superficial de cada um dos mostos foram coletadas, a fim de se determinar a claridade, através da medição da absorbância no comprimento de onda de 600 nm a 20°C. Para esse procedimento foi utilizado um espectrofotômetro (modelo 600 Plus, Femto) e água destilada como amostra de branco (amostra controle). Os resultados foram expressos em média e desvio padrão.

3.2.3.6 Medição de pH

A determinação do pH foi realizada de forma direta nas amostras com o auxílio de um pH-metro portátil (modelo PG-1400, Gehaka).

3.2.3.7 Sólidos solúveis

A análise para medição da quantidade de sólidos solúveis totais foi realizada com o refratômetro portátil. Através de medida direta com a amostra a 20°C.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Avaliação da clarificação

Para avaliar o comportamento das dextrinas e dos clarificantes comerciais foram determinadas ao longo da maturação das cervejas a concentração de proteínas, teor de compostos fenólicos, quantificação de proantocianidinas pelo método de vanilina, turbidez a frio e a claridade pela absorbância em 600nm.

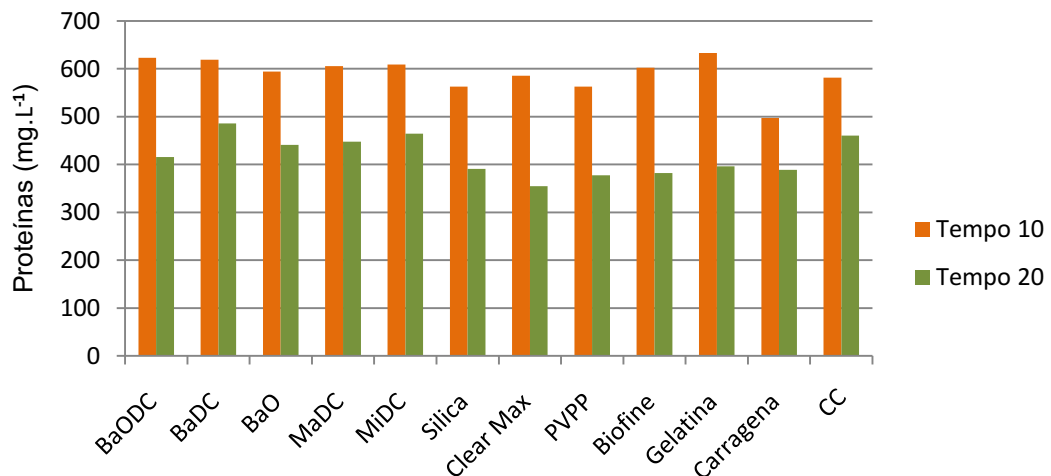
A determinação de pH e teor de sólidos solúveis foram realizadas para observar possíveis interferências dos clarificantes na fermentação da cerveja.

Os resultados de todas as análises da cerveja foram divididos em três momentos referentes às etapas subsequentes de fermentação, ou seja, as alíquotas foram coletadas no início da maturação, após 10 dias de maturação e ao fim da maturação (20 dias). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.1.1 Determinação de proteínas

No Gráfico 1 é demonstrado o comportamento das dextrinas e dos clarificantes comerciais quanto à remoção de proteínas durante a etapa de maturação. Os valores das concentrações de proteínas estão apresentados na Tabela 2 no Apêndice A.

Gráfico 1- Concentração de proteínas (mg. L^{-1}) no décimo dia e no vigésimo dia de maturação



Fonte: Autoria própria.

No processo de produção da cerveja, a proteína é um componente muito importante, pois fornece os aminoácidos necessários para a reprodução das leveduras. Entretanto, algumas frações polipeptídicas são responsáveis pela formação de turbidez na cerveja, sendo assim, um dos fatores determinantes na qualidade e estabilidade da cerveja. As proteínas podem ser encontradas com alto, médio e baixo peso molecular. As que possuem massa molecular mais alta são responsáveis pela estabilidade coloidal, enquanto que as com menores massas contribuem para a formação de espuma na cerveja (STEINER; BACK, 2009).

A cerveja controle (CC) no início da maturação (tempo 0) de maturação apresentou teor de proteínas de 681,63 mg.L⁻¹. No décimo dia de maturação foi observado uma redução significativa ($p < 0,05$) no teor de proteínas em todos os tratamentos em relação ao tempo 0. Ao comparar os tratamentos no décimo dia de maturação observou-se que o tratamento de BaO apresentou o menor teor de proteínas dentre as dextrinas, entretanto os tratamentos contendo os clarificantes comerciais sílica gel (Spindasol SB2), Clear Max, polivinilpolipirrolidona (PVPP) e carragena apresentaram menores teores de proteínas. Podendo ser um indicador que as dextrinas apresentam uma velocidade mais lenta de clarificação em relação aos clarificantes comerciais.

Em relação ao vigéssimo dia de maturação os teores de proteínas de todos os tratamentos foram inferiores em relação ao décimo dia. Entre os tratamentos com dextrinas os ensaios contendo BaODC, BaO e MaDC foram inferiores ($p < 0,05$) ao tratamento controle (460,74 mg.L⁻¹).

Os clarificantes comerciais (sílica gel, Clear Max, polivinilpolipirrolidona, Biofine, gelatina e carragena) apresentaram menores teores de proteína em relação aos tratamentos com dextrinas e o tratamento controle (CC).

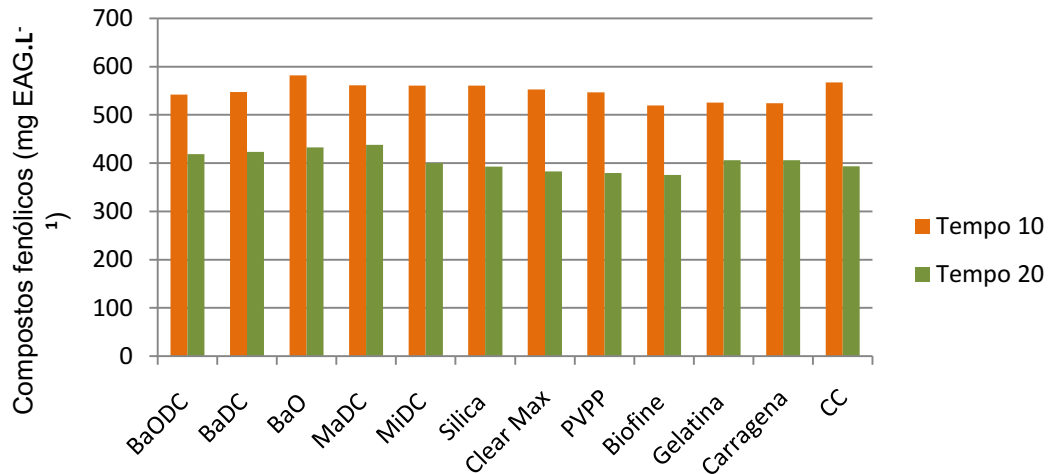
Esse resultados podem ser interpretados de melhor forma do vigéssimo dia de maturação, podendo-se afirmar que os clarificantes comerciais foram melhores na “remoção” de proteínas (354,74 – 396,13 mg.L⁻¹) e entre as dextrinas a de melhor desempenho foi o tratamento BaODC.

4.1.2 Determinação de compostos fenólicos

No Gráfico 2 é demonstrado o comportamento das dextrinas e dos clarificantes comerciais quanto à remoção de compostos fenólicos durante a etapa de maturação.

Os valores das concentrações de compostos fenólicos estão apresentados na Tabela 3 no Apêndice A.

Gráfico 2- Concentração de compostos fenólicos (mg EAG.L⁻¹) no décimo dia e no vigésimo dia de maturação



Fonte: Autoria própria.

É possível concluir semelhanças nos resultados encontrados para as proteínas. Uma explicação para isso é que as proteínas precursoras de turvação agregam-se com polifenóis formando grandes complexos proteínas-polifenóis guiada, principalmente, por interações hidrofóbicas, ligações de hidrogênio e ligações iônicas, contribuindo para estabilizar os complexos (ASANO *et al.*, 1982).

A cerveja controle (CC) no início da maturação (tempo 0) de maturação apresentou teor de proteínas de 584,19 mgEAG.L⁻¹. No décimo dia de maturação foi observado uma redução significativa ($p < 0,05$) no teor de compostos fenólicos em todos os tratamentos em relação ao tempo 0. No décimo dia de maturação observou-se que o tratamento BaODC teve menores teores de compostos fenólicos ($p < 0,05$) em relação as demais dextrinas e em relação aos clarificantes comerciais sílica gel, Clear Max, polivinilpolipirrolidona (PVPP).

No vigésimo dia de maturação os teores de compostos fenólicos foram inferiores ($p < 0,05$) em relação ao décimo dia. Comparando os tratamentos a dextrina BaODC promoveu uma “remoção” mais satisfatória dos compostos fenólicos em relação as demais dextrinas.

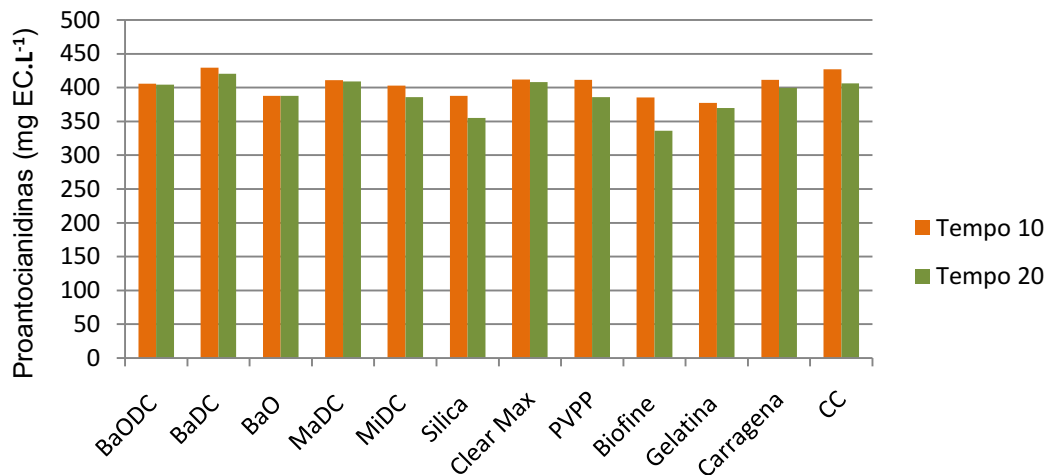
Os clarificantes comerciais (sílica gel, Clear Max, polivinilpolipirrolidona, Biofine, gelatina e carragena) apresentaram menores teores de compostos fenólicos

(375,48- 406,16 mgEAG.L⁻¹) em relação aos tratamentos com dextrinas e o tratamento controle (CC).

4.1.3 Determinação de proantocianidinas

No Gráfico 3 é demonstrado o comportamento das dextrinas e dos clarificantes comerciais quanto à remoção de proantocianidinas durante a etapa de maturação. Os valores das concentrações de proantocianidinas estão apresentados na Tabela 4 no Apêndice A.

Gráfico 3- Concentração de proantocianidinas (mgEC.L⁻¹) no décimo dia e no vigésimo dia de maturação



Fonte: Autoria própria.

Uma grande variedade de compostos fenólicos é relatada por estarem presentes na cevada, estes incluem derivados de benzóicos, ácidos cinâmicos, flavanóides, proantocianidinas, taninos e compostos aminofenólicos (DVORAKOVA, 2008).

A névoa coloidal na cerveja é causada principalmente pela complexação de proteínas de malte com proantocianidinas de malte e lúpulo. Esses complexos já são formados durante a mosturação e durante o período de armazenamento refrigerado. Como consequência parte do potencial de neblina já é removido na cerveja filtrada final (ERDAL, 1986).

Os resultados obtidos (Tabela 4) mostram uma redução das proantocianidinas com o avanço do tempo de maturação, é possível verificar que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o início, o décimo e vigésimo dia de maturação.

No décimo dia de maturação o tratamento com a dextrina Bao teve desempenho de redução das proantocianidinas similar aos clarificantes comerciais (Biofine e sílica gel) e de melhor desempenho que os clarificantes Clear Max, carragena e polivinilpolipirrolidona (PVPP) que segundo o fabricante é especializado em remoção de taninos condensados (proantocianidinas). Outras dextrinas que apresentaram bom desempenho foram a BaODC e MiDC.

Ao final da maturação (tempo 20) as dextrinas que provocaram a maior redução de proantocianidinas foram a MiDC e a BaO ($385,71 - 387,70 \text{ mg EC.L}^{-1}$) valores próximos e iguais ao do clarificante comercial polivinilpolipirrolidona (PVPP) e de melhor desempenho em relação a Clear Max e carragena porem inferiores em relação aos clarificantes Biofine, sílica gel, gelatina ($336,14 - 369,74 \text{ mg EC.L}^{-1}$).

4.1.4 Determinação da turbidez

Durante a sua vida de prateleira, as garrafas ou latas de cerveja são expostas a condições extremas, por exemplo, a mudanças bruscas de temperatura. Proteínas dissolvidas são precipitadas por polifenóis (por exemplo, taninos), e geram a turbidez. Os polifenóis estão presentes na cevada e no lúpulo, e são extraídos durante o processo de produção do mosto, juntamente com proteínas da cevada (ESSLINGER, 2009). Na cerveja, existem três tipos de turbidez:

- Turbidez permanente: A cerveja apresenta turbidez a uma temperatura de 20°C ;
- Turbidez total: A cerveja apresenta turbidez a uma temperatura de 0°C ;
- Turbidez pelo frio: Essa turbidez é calculada a partir da diferença entre a turbidez permanente e a total.

Na Tabela 5 é demonstrado a partir dos valores de turbidez expressos em EBC o comportamento das dextrinas e dos clarificantes comerciais quanto a turbidez durante a etapa de maturação na temperatura de 0°C .

Tabela 5- Valores de turbidez total (EBC) a 0°C no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação

Clarificantes	TEMPO 0	TEMPO 10	TEMPO 20
BaODC		7,17 ± 0,14 ^{aB}	2,89 ± 0,01 ^{aC}
BaDC		8,92 ± 0,14 ^{bB}	3,43 ± 0,01 ^{bC}
BaO		20,25 ± 0,25 ^{cB}	5,08 ± 0,01 ^{cC}
MaDC		28,33 ± 0,29 ^{dB}	6,67 ± 0,01 ^{dC}
MiDC		11,17 ± 0,14 ^{eB}	4,17 ± 0,01 ^{eC}
Sílica		10,83 ± 0,14 ^{eB}	3,33 ± 0,01 ^{bC}
Clear Max		9,67 ± 0,14 ^{fB}	3,37 ± 0,01 ^{bC}
PVPP		7,42 ± 0,14 ^{aB}	2,87 ± 0,01 ^{aC}
Biofine		8,42 ± 0,14 ^{gB}	2,67 ± 0,01 ^{aC}
Gelatina		8,67 ± 0,14 ^{bgB}	2,74 ± 0,01 ^{aC}
Carragena		2,78 ± 0,04 ^{hB}	2,36 ± 0,01 ^{fC}
CC	113,42 ± 1,53 ^A	7,17 ± 0,14 ^{aB}	3,73 ± 0,01 ^{gC}

Fonte: Autoria própria.

*Valores apresentam a média ± desvio padrão; médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey); médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey).

**BaODC (amido oxidado e dextrinizado de batata); BaDC (amido dextrinizado de batata); BaO (amido oxidado de batata); MaDC (amido dextrinizado de mandioca); MiDC (amido dextrinizado de milho).

A determinação da turbidez a 0°C é um parâmetro importante que indica a presença de partículas finas em suspensão que podem provocar um julgamento negativo por parte do consumidor quando possui valores relativamente elevados. Segundo Fix (1999) quanto a classificação da turbidez: de 0 a 1,5 EBC a cerveja é considerada como clara brilhante, de 1,5 a 3 EBC a cerveja é clara com leve opacidade, entre 3 a 4,5 EBC é possível observar uma névoa e acima de 6 EBC a cerveja é considerada turva. No entanto esses valores são relacionados a cervejas que foram clarificadas por filtração, processo que retira toda partícula superior a 0,3 micrometros. Os valores de turbidez a 0°C apresentados (tabela 5) são de amostras de cervejas avaliadas sem serem filtradas.

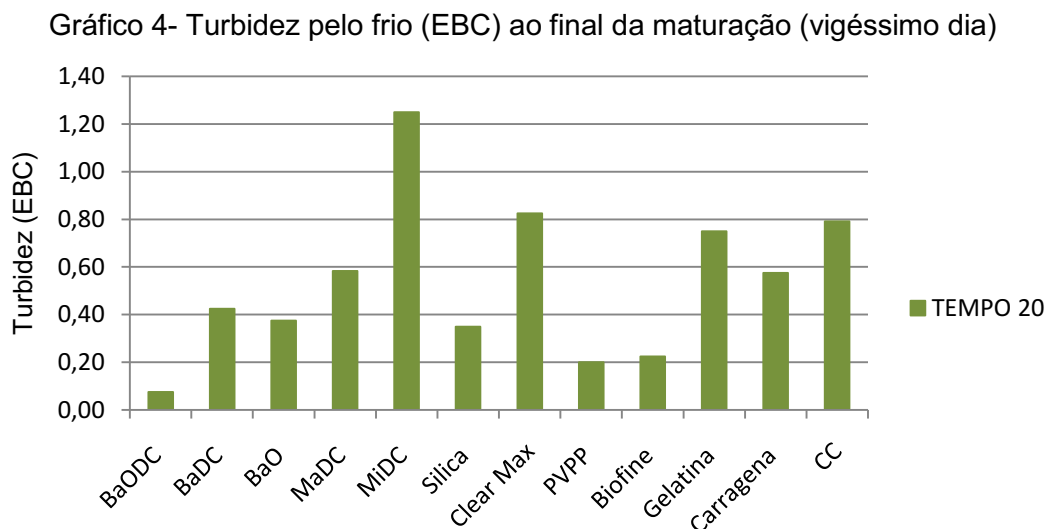
Para o décimo dia de maturação apenas o tratamento com goma carragena apresentou baixo valor de turbidez (2,78 EBC), que de acordo com Fix (1999) poderia ser classificada como clara com leve opacidade, enquanto os demais

tratamentos foram superior a 6 EBC classificada como uma cerveja turva. No vigésimo dia de maturação todas as amostras continuaram clarificando-se e dentre os tratamentos contendo dextrinas a amostra BaODC apresentou valor inferior a 3 EBC não se diferenciando estatisticamente dos clarificantes comerciais polivinilpirrolidona (PVPP), Biofine, gelatina e carragena. O segundo melhor desempenho foi da amostra BaDC (3,43 EBC) que foi similar ao desempenho dos clarificantes sílica gel coloidal e do Clear Max.

A turbidez a 0°C determinada em uma microcervejaria em amostras de cervejas ao final da fermentação, avaliando dois clarificantes informam valores de 2,73 a 5,5 EBU quando utilizado um clarificante comercial formulado por polivinilpirrolidona (PVPP) e carragena e valores de 9,47 a 17,33 EBU quando clarificado com sílica gel (RONCONI, 2016).

O processo de fabricação de cerveja de uma microcervejaria não houve utilização da etapa de filtração ao final da maturação para clarificar a cerveja e a cerveja utilizada foi do tipo lager, tornando a comparação viável ao processo utilizado no presente trabalho, portanto ao comparar com os resultados obtidos com as dextrinas utilizadas verifica-se que todos apresentaram efeito clarificador superior (no vigésimo dia de maturação) aos informados no estudo de Ronconi (2016).

No Gráfico 4 é demonstrado o comportamento das dextrinas e dos clarificantes comerciais quanto a turbidez pelo frio ao final da maturação (vigésimo dia). Os valores para a elaboração da figura estão apresentados na Tabela 6 no Apêndice A.



Fonte: Autoria própria.

A turbidez a frio se refere a uma turbidez reversível provocada pela formação de complexos polifenóis-proteínas onde as interações intermoleculares não possuem intensidade suficiente para se manterem complexadas, ou seja, são desfeita pelo aumento da temperatura. Em termos práticos quanto maior o valor da turbidez reversível maior o potencial o produto tem que com o passar do tempo essa turbidez se torne permanente. Esses valores então podem ser um indicador de instabilidade no sistema devido a alta alteração de turbidez devido a alterações na temperatura.

É necessário deixar claro que os valores de turbidez a frio não estão associados a turbidez produto, ou seja, da ser clara ou turva, e sim em relação a instabilidade. Para obter resultados de melhores estabilidades é necessário possuir baixos valores de turbidez total e turbidez permanente, pois a diferença entre eles que determina o valores de turbidez a frio (Tabela 6).

Ao fim da maturação (vigéssimo dia) a dextrina BaODC obteve melhores resultado (0,07 EBU) não havendo diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos clarificantes comerciais Biofine e polivinilpolipirrolidona (PVPP). Isso significa que a BaODC promoveu um sistema mais estável em relação a todos os tratamentos.

Outros tratamentos que tiveram bons resultados foram as dextrinas BaO e BaDC (0,38 – 0,43 EBU), essas dextrinas obtiveram menores resultados que os clarificantes comerciais Clear Max, gelatina e carragena e não havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre os clarificantes comerciais sílica gel, Biofine e carragena. Já a dextrina MiDC por conta do menor valor de turbidez a frio (1,25 EBU) comparado com todos os tratamentos analisados é possível determinar que este promoveu um sistema mais instável.

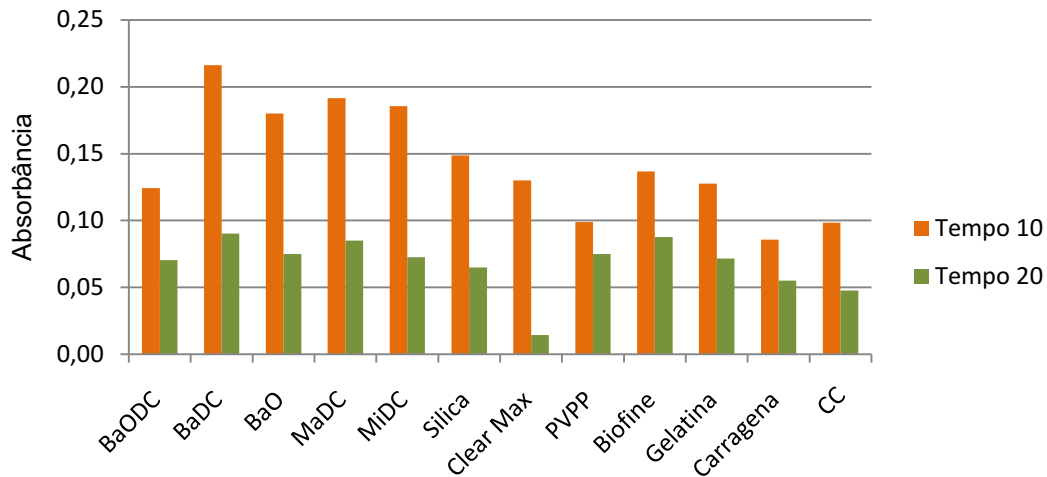
4.1.5 Determinação da claridade

A claridade da cerveja pode ser avaliada pela medida da absorbância a 600 nm e quanto maior for este parâmetro menos claro é a cerveja devido à presença de partículas em suspensão que dificultam a passagem da luz (BRIGGS *et al.*, 2004). Nesse caso o feixe de luz do espectrofotômetro incide nas micropartículas em suspensão em um ângulo de 90° (perpendicular). A luz absorvida está relacionada principalmente as partículas pequenas como proteínas e carboidratos (PAHL, 2015).

O efeito das dextrinas e dos clarificantes comerciais na claridade do produto

são demonstrados na Gráfico 5, sendo que os dados obtidos estão expressos na Tabela 7 no Apêndice A.

Gráfico 5- Claridade pela medida da absorbância ($\lambda=600\text{nm}$) no décimo dia e no vigésimo dia de maturação a 20°C



Fonte: Autoria própria.

No início da maturação (tempo 0) a cerveja controle (CC) apresentou valor de absorbância de 0,86 e com o avanço da maturação registrou-se uma queda, em relação a este parâmetro todos os tratamentos em ambos os tempos de maturação (décimo e vigésimo dia) apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$).

No décimo dia de maturação os valores de absorbância dos tratamentos com dextrinas se situaram entre 0,124 a 0,216 com destaque na dextrina BaODC (0,124) que possui melhores resultados em relação aos demais tratamentos com dextrinas, os clarificantes comerciais registraram-se valores de 0,086 a 0,149 sendo que os clarificantes carragena e polivinilpolipirrolidona (PVPP) registraram os menores valores, respectivamente 0,086 e 0,099. Esses resultados mostraram que os clarificantes comerciais agem em termos gerais mais rapidamente que as dextrinas.

Chama a atenção que a cerveja controle (CC) onde não foi adicionado nenhum clarificantes na etapa de maturação, unicamente na etapa de fervura para obtenção do mosto apresentou um valor baixo de absorbância 0,098.

Ao final da maturação (tempo 20), período normalmente utilizado na fabricação de cerveja tipo Lager, valores de absorbância podem indicar o estado da claridade do produto pronto para ser comercializado. Todos os tratamentos incluindo a cerveja controle (CC) apresentaram valores de absorbância inferiores 0,1. Nos tratamentos

contendo dextrinas BaODC, Bao e MiDC tiveram valores de absorvância entre 0,070 e 0,075 semelhantes aos valores dos tratamentos com polivinilpolipirrolidona (PVPP) e gelatina.

A dextrina BaODC obteve o menor valor de absorvância (0,070) superior a todas as dextrinas e em relação ao clarificante comercial Biofine (base de colágeno de peixe), especializado na remoção de proteínas e de leveduras em suspensão que obteve um valor de absorvância de 0,088. É possível destacar os tratamentos com BaDC e MaDC que obtiveram resultados semelhantes significativamente ($p < 0,05$) com os valores de Biofine novamente.

Qualitativamente os clarificantes comerciais Clear Max, carragena e sílica gel obtiveram valores de absorvância inferiores (0,014 – 0,065) em relação aos clarificantes dextrinas.

Novamente chama a atenção o baixo valor de absorvância (0,048 da amostra controle) sugerindo que o clarificante BaDC adicionado na fervura exerce a sua ação clarificante durante a etapa da maturação. No entanto quando adicionado na etapa de maturação apresentou desempenho inferior ao restante dos tratamentos com dextrinas (BaODC, Bao, MaDC e MiDC).

4.2 Análise de pH e sólidos solúveis para os tratamentos

4.2.1 Avaliação do pH

O efeito das dextrinas e dos clarificantes comerciais no pH do produto são demonstrados na Tabela 8.

Tabela 8- Valores de pH medidos no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação

Clarificantes	TEMPO 0	TEMPO 10	TEMPO 20
BaODC		4,55 ± 0,01 ^{aA}	4,56 ± 0,01 ^{acA}
BaDC		4,56 ± 0,01 ^{abA}	4,52 ± 0,01 ^{beA}
BaO		4,59 ± 0,01 ^{cB}	4,56 ± 0,01 ^{cA}
MaDC		4,49 ± 0,01 ^{dB}	4,5 ± 0,01 ^{dB}
MiDC		4,54 ± 0,01 ^{aA}	4,54 ± 0,01 ^{efgA}
Sílica		4,58 ± 0,01 ^{bcB}	4,52 ± 0,01 ^{bA}
Clear Max		4,54 ± 0,01 ^{aA}	4,55 ± 0,01 ^{acgA}
PVPP		4,58 ± 0,01 ^{cB}	4,54 ± 0,01 ^{afgA}
Biofine		4,54 ± 0,01 ^{aA}	4,53 ± 0,01 ^{befA}
Gelatina		4,58 ± 0,01 ^{bcB}	4,54 ± 0,01 ^{afgA}
Carragena		4,59 ± 0,01 ^{cB}	4,55 ± 0,01 ^{acgA}
CC	4,54 ± 0,01 ^A	4,55 ± 0,01 ^{aA}	4,56 ± 0,01 ^{acA}

Fonte: Autoria própria.

*Valores apresentam a média ± desvio padrão; médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey); médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey).

**BaODC (amido oxidado e dextrinizado de batata); BaDC (amido dextrinizado de batata); BaO (amido oxidado de batata); MaDC (amido dextrinizado de mandioca); MiDC (amido dextrinizado de milho).

A partir dos resultados obtidos na Tabela 8 é possível verificar que houve diferença significativa ao nível de 5% a partir do teste de Tukey aplicado no decorrer da maturação (início, décimo e vigésimo dia). analisando de forma individual as dextrinas BaDC, BaO, nos clarificantes comerciais sílica gel, polivinilpolipirrolidona (PVPP), gelatina e carragena.

Em todos os casos adição dos clarificantes promoveu uma ligeira acidificação do meio, ou seja, o valor do pH diminuiu no decorrer do tempo de maturação.

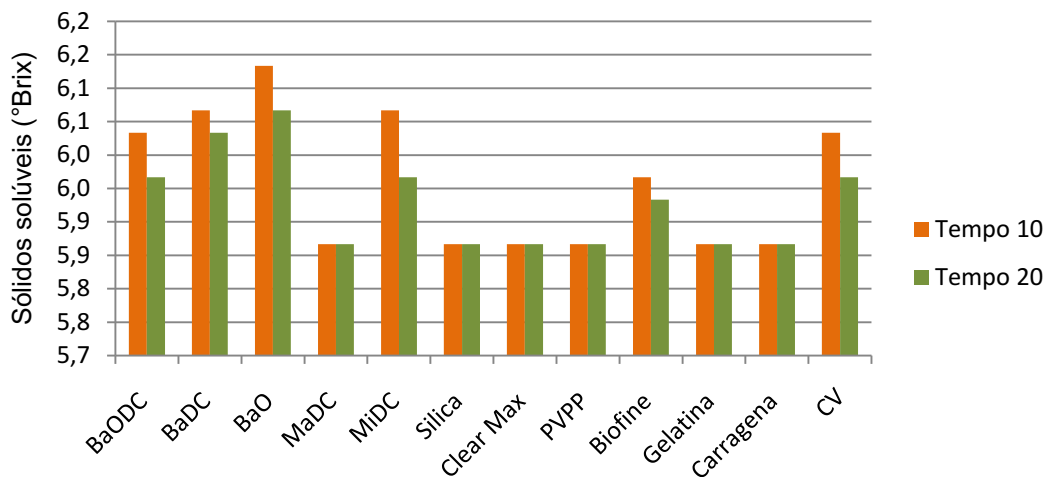
No produto acabado pode-se dizer que quanto maior o pH, maior a sua estabilidade organoléptica. Muitas das reações de degradação são aceleradas a pH menores que 4,2 e retardadas a pH maiores que 4,2. Em contrapartida quanto menor o pH, maior estabilidade física e microbiológica e também melhor a espuma da cerveja.

No entanto todos o valores finais de pH ficaram na faixa de 4,52 a 4,56, mesmo com a alteração de pH devido a possível adição dos clarificante não houve mudanças que poderiam prejudicar o produto final.

4.2.2 Avaliação dos sólidos solúveis

O efeito das dextrinas e dos clarificantes comerciais na quantidade de sólidos solúveis do produto são demonstrados na Gráfico 6, sendo que os dados obtidos estão expressos na Tabela 9 no Apêndice A.

Gráfico 6- Quantidade de sólidos solúveis (°Brix) no décimo dia e no vigésimo dia de maturação a 20°C



Fonte: Autoria própria.

A partir dos resultados obtidos na Tabela 9 no Apêndice A foi possível verificar que não houve diferença significativa ao nível de 5% a partir do teste de Tukey aplicado no decorrer da etapa de maturação (início, décimo e vigésimo dia).

A partir do valor de °Brix é possível, através de programas e fórmulas, determinar outro parâmetro importante na qualidade final da cerveja como o teor alcoólico.

Isso porque as leveduras no processo de fermentação utilizam os açúcares presentes no mosto para produzir etanol e gás carbônico, por isso a quantidade de sólidos ao fim da fervura diminui durante a fermentação e maturação e consequentemente o teor alcoólico aumenta até o determinado momento que a produção cessa devido a falta de substrato para a levedura.

Como para todos os tratamentos com dextrinas e com clarificantes comerciais o valor de °Brix se manteve entre 5,9 a 6,1 podem ser interpretados que os novos candidatos a clarificantes (dextrinas) não interferiram significativamente no processo de fermentação.

5 CONCLUSÃO

Foi possível durante a elaboração deste trabalho avaliar o comportamento das dextrinas esterificadas com ácido cítrico como clarificantes na etapa pós fermentação em cerveja tipo lager. Algumas dextrinas apresentaram resultados positivos em termos de clarificação da cerveja em relação à remoção de proteínas (BaODC), compostos fenólicos (MiDC, BaODC) e proantocianidinas (MiDC, BaO) que são compostos que agem de forma direta na turvação da cerveja, e ótimos resultados nas análises de claridade e turbidez. Além disso, o estudo pôde concluir que de acordo com os valores de pH e sólidos solúveis, a utilização dessas dextrinas não interfere no processo de fermentação, obtendo-se cervejas com valores desses parâmetros similares as das cervejas elaboradas com os clarificantes comerciais.

O trabalho permitiu a comparação de poder clarificante na utilização de tratamento com dextrinas na etapa de pós-fermentação com os clarificantes comerciais muito utilizados na indústria cervejeira. Essa comparação permitiu verificar que muitas dextrinas agiram de forma semelhante ou superior a clarificantes comerciais. Destacou-se durante todas as análises a dextrina de batata oxidada e dextrinizada com ácido cítrico (BaODC) que obteve resultados satisfatório em todas as análises realizadas (proteínas, compostos fenólicos, proantocianidinas, turbidez a 0°C, turbidez pelo frio).

Como vimos nos resultados outro ponto a se discutir é a cerveja onde foi adicionado clarificante BaDC apenas na etapa de fervura. Essa amostra mostrou ótimos resultados em análises quando comparado com o restante das dextrinas.

O grande destaque no trabalho se dá à possível aplicação das dextrinas promovendo vantagens na produção de cerveja para microcervejarias. Assim conclui-se que a utilização dessa alternativa é eficiente garantindo um produto com mais sintonia a matriz amilácea do malte, além de reduzir custos na produção, pois sua obtenção e modificação são mais baratas em relação aos clarificantes comerciais. Um caminho satisfatório para os fabricantes de cerveja que desejam reduzir custos mantendo a qualidade do produto final.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI-COSTA, T. S. *et al.* Avaliação de metodologias para determinação de taninos no suco de caju. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 167-176, 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273623420_Avaliacao_de_metodologias_para_determinacao_de_taninos_no_suco_de_caju. Acesso em: 02 fev. 2021.
- ALBUQUERQUE, C. M. **Clarificação de suco de laranja core wash por processo de flotação auxiliado por enzimas pectinolíticas e agentes clarificantes**. 2009. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/90771>. Acesso em: 02 mar. 2021.
- AQUARONE, E. *et al.* **Biotecnologia Industrial: Engenharia Bioquímica**. v.5. Edgard Blucher: São Paulo, 2001.
- ARITA, D. H. **Amidos oxidados e modificados com ácido cítrico: obtenção e aplicação como agentes clarificadores do mosto cervejeiro**. 2019. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.
- ASANO, K. *et al.* Characterization of haze-forming proteins of beer and their roles in chill haze formation. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 40, n. 4, p. 147-154, 1982. Disponível em: https://www.agraria.com.br/extranet_2016/uploads/AgromalteArquivo/proteinas_formadoras_de_turvacao_-_ing.pdf. Acesso em: 02 mar. 2021.
- BAMFORTH, C. W. Beer haze. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 57, n. 3, p. 81-90, 1999.
- BENINCA, C. *et al.* The thermal, rheological and structural properties of cassava starch granules modified with hydrochloric acid at different temperatures. **Thermochimica Acta**, v. 552, p. 65–69, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040603112005151>. Acesso em: 02 mar. 2021.
- BICALHO, I. C. *et al.* **Concentração de leveduras da fermentação alcoólica em hidrociclones**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15161/1/Diss%20Isabele.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2021.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248–254, 1976. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0003269776905273>. Acesso em: 06 mar. 2021.

BRASIL. MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9902, de 08 de julho de 2019. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 jul. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas>. Acesso em: 19 fev. 2021.

BREWERS ASSOCIATION. Best Practices Guide to Quality Craft Beer: Delivering Optimal Flavor to the Consumer. **Brewers Associations & Shutterstock**, v. 1, p. 06-28, 2014. Disponível em: <https://www.brewersassociation.org/press-releases/brewers-association-releases-best-practices-guide-to-quality-craft-beer/>. Acesso em: 28 fev. 2021.

BRIGGS, D. E. *et al.* **Brewing Science and Practice**. Cambridge: Woodhead, p.881, 2004.

BRUNELLI, L. T. **Produção de Cerveja com Mel: Características Físico-Químicas, Energética e Sensorial**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90522/brunelli_lt_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 05 mar. 2021.

CÁRDENAS, H. A. R. **Determinación de parámetros físico-químicos para la caracterización de cerveza tipo lager**. 2003. Tese (Licenciatura em Engenharia de Alimentos) - Universidade Austral do Chile, Chile, 2003. Disponível em: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/far696d/sources/far696d.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2021.

CERQUEIRA, V. C. **Produção de frutose a partir de hidrolisado enzimático de amido de mandioca**. 2012. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101731/cerqueira_vc_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 01 fev. 2021.

CERVBRASIL- Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. **Anuário**, 2014. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuario-da-serveja-2019. Acesso em: 23 fev. 2021.

CHATTOPADHYAY, S. *et al.* Optimisation of conditions of synthesis of oxidized starch from corn and amaranth for use in film-forming applications. **Carbohydrate Polymers**, v. 34, n.12 p. 203-212,1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861797873067>. Acesso em: 05 mar. 2021.

COLE, M. **Let me tell you about beers**. Reino Unido: Pavilion Books, p.224, 2011.

DALE, C. J. *et al.* Studies on the mechanism of action of copper fining agents (k-carrageenan). **Journal of the Institute of Brewing**, v. 102, n.4, p. 285-289, 1995. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/j.2050-0416.1996.tb00914.x>. Acesso em: 22 mar. 2021.

DVORAKOVA, M. *et al.* Characterization of monomeric and oligomeric flavan-3-ols from barley and malt by liquid chromatography–ultraviolet detection–electrospray ionization mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1189, n. 1-2, p. 398-405, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021967307018614?via%3Di> hub. Acesso em: 23 fev. 2021.

ERDAL, K. Proanthocyanidin-free barley—malting and brewing. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 92, n. 3, p. 220-224, 1986. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/j.2050-0416.1986.tb04404.x>. Acesso em: 04 mar. 2021.

ESSLINGER, H.M. **Handbook of brewing: Processes, Technology e Markets**. Weinheim: WILEY-VCH, p. 147-164, 2009.

EVANGELISTA, R. R. **Análise do processo de fabricação industrial de cerveja**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2012. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/232126340/Analise-Do-Processo-de-Fabricacao-Industrial-Da-Cerveja>. Acesso em: 04 mar. 2021.

FIX, G. **Principles of brewing science: A study of serious brewing issues**. 2. Ed. Brewers Publications, p.190, 1999.

FRANCO, C. M. L. *et al.* **Série culturas de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

FREITAS, A. G. Relevância do mercado cervejeiro brasileiro: Avaliação e perspectivas e a busca de uma Agenda de Regulação. **Pensamento & Realidade**, v. 30, n. 2, 2015. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/pensamentorealidade/article/view/24655/17959>. Acesso em: 21 fev. 2021.

GABRIEL, P. *et al.* A new rapid high-throughput method for prediction of beer colloidal stability. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 122, n. 2, p. 304-309, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jib.331>. Acesso em: 02 fev. 2021.

GELITA. **Gelatine**. Ederbach, 2009. Disponível em: www.gelita.com. Acesso em: 02 mar. 2021.

HIERONYMUS, S. **For the Love of Hops: The Practical Guide to Aroma, Bitterness, and the Culture of Hops**. Boulder. Brewers Publications, 2012.

KASICA *et al.* “**Highly soluble, hydratable, viscous, solution stable pyrodextrins, process of making and use thereof**”. US/2001/6191116B1, 20 fev. 2001.

Disponível em:

<https://patentimages.storage.googleapis.com/90/97/fa/19a8febf9011a/CA2270024A1.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

KAUR, B. *et al.* Progress in starch modification in the last decade. **Food Hydrocolloids**, v.26, n.2, p.398–404, 2012. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X11000592>. Acesso em: 01 jan. 2021.

LAJOLO, F.M. *et al.* **Carbohidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**.

São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/247853866_Carbohidratos_en_alimentos_regionales_iberoamericanos. Acesso em: 20 fev. 2021.

LEATHER R. V. *et al.* **The effect of wort pH on copper finning performance**.

Centre for Biochemical Engineering, School of Chemical Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 1994. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/j.2050-0416.1995.tb00860.x>. Acesso em: 12 mar. 2021.

LEE, S. Y. *et al.* Effect of different pH conditions on the in vitro digestibility and physicochemical properties of citric acid-treated potato starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 107, p. 1235-1241, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813017320846?via%3Dihub>. Acesso em: 02 fev. 2021.

LEONEL, M. *et al.* Starch extraction and characterization of different genotypes of banana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.SPE1, p. 599-605, 2011. DOI 10.1590/ S0100-29452011000500082

LI, Y. *et al.* Antimicrobial lysozyme-containing starch microgel to target and inhibit amylase producing microorganisms. **Food Hydrocolloids**, v.28, n.1, p.28–35, 2012. Disponível em:

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X11003109>. Acesso em: 23 mar. 2021.

LI, Y. *et al.* Preparation and characterization of oxidized starch polymer microgels for encapsulation and controlled release of functional ingredients. **Biomacromolecules**, v.10, n.7, p.1931–1938, 2009. Disponível em:

<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/bm900337n#>. Acesso em: 02 fev. 2021.

MATOS, R. A. G. **Cerveja**: Panorama do mercado, produção artesanal, e avaliação de aceitação e preferência. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/25472/ragr250.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 fev. 2021.

MOORTHY, S.N. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. **Starch-Starke**, v.54, n.12, p.559-592, 2002. Disponível em: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1521-379X\(200212\)54:12%3C559::AID-STAR2222559%3E3.0.CO;2-F](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1521-379X(200212)54:12%3C559::AID-STAR2222559%3E3.0.CO;2-F). Acesso em: 01 fev. 2021.

NACHEL, M. **Homebrewing for Dummies**. 2 ed. Canada: Wiley Publishing, p. 433, 2008.

OLIVEIRA, M.D. **Aplicação de amido modificado no processo de clarificação da cerveja artesanal**. 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)- Universidade Tecnológica Federal, Campo Mourão, 2015. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2165/1/MD_PPGTA_M_Oliveira_Maria%20D%C3%A2maris%20de_2015.pdf. Acesso em: 21 mar. 2021.

OSMAN, A.M. *et al.* The gel filtration chromatographic-profiles of proteins and peptides of wort and beer: effects of processing - malting, mashing, kettle boiling, fermentation and filtering. **Journal of the Institute of Brewing**, v.109, n.1, p.41- 50, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2050-0416.2003.tb00592.x>. Acesso em: 12 mar. 2021

PAHL, I. R. **Beer Turbidity: reasons, analytics and avoidance**. Oregon: Vlb Berlin, 2015.

PALMER, J. J. **How to Brew: Everything you need to know to brew beer right the first time**. 3. ed. Brewers Publications, p.347, 2006.

POSADA, J. **Cincia cervecera: Filtración**. 3. ed. Pollock. Madrid. España. p.379-437, 1995.

REINOLD, M.R. **Utilização de ácido tânico na estabilização físico-química da cerveja**. Disponível em: <https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/tecnicos/qualidade/estabilizacao-da-cerveja/844-utilizacao-de-acido-tanico-na-estabilizacao-fisico-quimica-da-cerveja>. Acesso em: 07 fev. 2021.

RONCONI, C. M. **Avaliação de diferentes agentes clarificantes de cerveja no processo de produção em uma microcervejaria**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Química, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/5026/1/Cristian%20Macedo%20Ronconi.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2021.

RYDER, D. S. *et al.* Miscellaneous ingredients in aid of the process. **Food Science and technology**, v.157, p.333-378, 2006.

SANDHU, K. S. *et al.* A comparison of native and oxidized normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, n. 6, p. 1000–1010, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643807002654>. Acesso em: 21 mar. 2021.

SANTOS, J. I. *et al.* **O essencial em cervejas e destilados**. São Paulo: Editora Senac, 2006.

SCHISLER, D. O. *et al.* Wort trub content and its effects on fermentation and beer flavor. **Journal of American Society of Brewing Chemists**, v. 40, n. 2, p. 57-61, 1982. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1094/ASBCJ-40-005>. Acesso em: 01 fev. 2021.

SILVA, G. D. O. *et al.* Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 1, p. 188–197, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/bP5GMVtKq3xqXQq8y3C5Rbs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SINDICERV. Sindicato Nacional da Industria da Cerveja. **O setor em números**. 2019. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/o-setor-em-numeros>. Acesso em: 05 fev. 2021.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, S. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology & Viticulture**, Davis, v.16, n.3, p.144-158, 1965. Disponível em: <https://www.ajevonline.org/content/16/3/144>. Acesso em: 22 mar. 2021.

SMITH, B. **Fining agents**: improving beer clarity. BeerSmith. 2008. Disponível em: <http://beersmith.com/blog/2008/12/30/fining-agents-improving-beer-clarity/>. Acesso em: 01 mar. 2021

SPIER, F. **Efeito do tratamento alcalino, ácido e oxidativo nas propriedades de amido de milho**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Rural) - Universidade de Pelotas, Pelotas, 2010. Disponível em: http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/1338/1/Dissertacao_Franciela_Spier.pdf. Acesso em: 01 fev. 2021.

STEINER, E. *et al.* A critical review of protein assays and further aspects of new methods in brewing science. **Brewing Science**, v. 62, n.5-6, p. 38-42, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/288570793_A_critical_review_of_protein_assays_and_further_aspects_of_new_methods_in_brewingscience. Acesso em: 22 mar. 2021.

STEWART, G. G. *et al.* **Handbook of brewing**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, p.777, 2018.

SZWAJGIER, D. *et al.* Changes in the phenolic acid content during wort boiling and whirlpool. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v.10, n.1, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22232526/>. Acesso em: 02 fev. 2021

TAGGART, P. Starch as an ingredient: manufacture and application. **Starch in food: Structure, function and application**, p.363-392, 2004. Disponível em: <https://coek.info/pdf-starch-as-an-ingredient-manufacture-and-applications-.html>. Acesso em: 22 mar. 2021

VARNAM, A. H. *et al.* **Bebidas: Tecnologia, Química e Microbiologia**. 1. ed., p. 487. Zaragoza: Editorial Acribia, 1997.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2018.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de Bebidas: Matéria-prima, processamento, BPF/APPCC**, legislação, mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

VENTURINI FILHO, W. G. *et al.* Farinhas de mandioca como adjunto de malte na fabricação de cerveja: avaliação físico-química e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.16, n.1, p.42-47, 1996.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de cerveja**. Jaboticabal: Funep, p.83, 2000.

WARD, I.L. Wort and beer clarification manual: **Brewers Supply Group**. Disponível em: https://bsgcraftbrewing.com/Resources/CraftBrewing/PDFs/Brewing_Processes_and_Techniques/WortandBeerFinningManual.pdf. Acesso em: 10 jun. 2020.

WURZBURG, O. B. Modified starches. **Food polysaccharides and their applications**, p. 87-118, 2006.

ZUPPARDO, B. **Uso de goma Oenogum para estabilização coloidal e de espuma em cerveja**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/4bf2/b8fe14c19f90b84ee720b5e84e657758331c.pdf?_ga=2.263723466.757269155.1622644187-1902699285.1586876159. Acesso em: 22 fev. 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabelas contendo os valores referentes aos dados contidos nas Gráficos 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Tabela 2- Valores de concentração de proteínas (mg.L^{-1}) no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação

Clarificantes	TEMPO 0	TEMPO 10	TEMPO 20
BaODC		$623,21 \pm 1,16^{\text{aB}}$	$415,47 \pm 1,16^{\text{aC}}$
BaDC		$618,96 \pm 1,77^{\text{aB}}$	$485,88 \pm 0,67^{\text{bC}}$
BaO		$594,58 \pm 2,42^{\text{bB}}$	$441,01 \pm 1,16^{\text{cC}}$
MaDC		$605,42 \pm 1,34^{\text{cB}}$	$447,58 \pm 1,77^{\text{dC}}$
MiDC		$608,90 \pm 1,77^{\text{cB}}$	$464,22 \pm 1,16^{\text{eC}}$
Sílica		$562,86 \pm 2,01^{\text{dB}}$	$391,10 \pm 1,16^{\text{fC}}$
Clear Max		$585,69 \pm 4,83^{\text{eB}}$	$354,74 \pm 1,34^{\text{gC}}$
PVPP		$562,86 \pm 3,07^{\text{dB}}$	$377,56 \pm 0,67^{\text{hC}}$
Biofine		$602,32 \pm 1,16^{\text{cB}}$	$381,82 \pm 1,16^{\text{iC}}$
Gelatina		$633,27 \pm 3,73^{\text{fB}}$	$396,13 \pm 0,67^{\text{jC}}$
Carragena		$497,49 \pm 1,77^{\text{gB}}$	$388,78 \pm 1,16^{\text{fC}}$
CC	$681,62 \pm 2,42^{\text{A}}$	$581,43 \pm 3,07^{\text{eB}}$	$460,74 \pm 1,16^{\text{kbC}}$

Fonte: Autoria própria.

*Valores apresentam a média \pm desvio padrão; médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey); médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey).

**BaODC (amido oxidado e dextrinizado de batata); BaDC (amido dextrinizado de batata); BaO (amido oxidado de batata); MaDC (amido dextrinizado de mandioca); MiDC (amido dextrinizado de milho).

Tabela 3- Valores de concentração de compostos fenólicos (mg EAG.L⁻¹) no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação

Clarificantes	TEMPO 0	TEMPO 10	TEMPO 20
BaODC		542,25 ± 0,80 ^{aB}	418,73 ± 0,46 ^{aC}
BaDC		547,28 ± 0,97 ^{bB}	423,46 ± 0,46 ^{bC}
BaO		581,58 ± 0,63 ^{cB}	432,41 ± 0,80 ^{cC}
MaDC		561,56 ± 0,60 ^{dB}	438,14 ± 0,30 ^{dC}
MiDC		560,66 ± 0,30 ^{dB}	400,02 ± 0,17 ^{eC}
Sílica		560,56 ± 0,46 ^{dB}	392,78 ± 0,46 ^{fC}
Clear Max		552,61 ± 0,46 ^{eB}	382,72 ± 0,17 ^{gC}
PVPP		546,47 ± 0,60 ^{bB}	379,50 ± 0,46 ^{hC}
Biofine		519,82 ± 0,63 ^{fB}	375,48 ± 0,17 ^{iC}
Gelatina		525,55 ± 0,46 ^{gB}	406,16 ± 0,30 ^{iC}
Carragena		524,45 ± 0,30 ^{gB}	405,86 ± 0,30 ^{jC}
CC	584,19 ± 1,32 ^A	567,60 ± 0,60 ^{hB}	393,28 ± 0,46 ^{fC}

Fonte: Autoria própria.

*Valores apresentam a média ± desvio padrão; médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey); médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey).

**BaODC (amido oxidado e dextrinizado de batata); BaDC (amido dextrinizado de batata); BaO (amido oxidado de batata); MaDC (amido dextrinizado de mandioca); MiDC (amido dextrinizado de milho).

Tabela 4- Valores de concentração de proantocianidinas (mg EC.L⁻¹) no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação

Clarificantes	TEMPO 0	TEMPO 10	TEMPO 20
BaODC		405,67 ± 0,21 ^{aB}	404,57 ± 0,66 ^{aC}
BaDC		429,53 ± 0,21 ^{bB}	420,27 ± 0,41 ^{bC}
BaO		387,70 ± 0,52 ^{cB}	387,70 ± 0,31 ^{cB}
MaDC		411,09 ± 0,52 ^{dB}	409,17 ± 0,21 ^{dC}
MiDC		403,13 ± 0,31 ^{aB}	385,71 ± 0,41 ^{eC}
Sílica		387,84 ± 0,43 ^{cB}	355,20 ± 0,31 ^{fC}
Clear Max		411,77 ± 0,48 ^{dB}	408,27 ± 0,43 ^{dC}
PVPP		411,63 ± 0,41 ^{dB}	385,85 ± 0,63 ^{eC}
Biofine		385,23 ± 0,31 ^{cB}	336,14 ± 0,54 ^{gC}
Gelatina		377,14 ± 0,31 ^{eB}	369,74 ± 0,43 ^{hC}
Carragena		411,36 ± 0,31 ^{dB}	399,77 ± 0,31 ^{iC}
CC	430,97 ± 0,54 ^A	427,20 ± 0,24 ^{bB}	406,15 ± 0,43 ^{jC}

Fonte: Autoria própria.

*Valores apresentam a média ± desvio padrão; médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey); médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey).

**BaODC (amido oxidado e dextrinizado de batata); BaDC (amido dextrinizado de batata); BaO (amido oxidado de batata); MaDC (amido dextrinizado de mandioca); MiDC (amido dextrinizado de milho)

Tabela 6- Valores de turbidez pelo frio (EBC) ao final da maturação (vigéssimo dia)

Clarificantes	0°C	20°C	Turbidez a frio
BaODC	2,89 ± 0,01 ^a	2,82 ± 0,01 ^{ae}	0,07 ± 0,00 ^a
BaDC	3,43 ± 0,01 ^b	3,01 ± 0,01 ^b	0,43 ± 0,00 ^{bc}
BaO	5,08 ± 0,01 ^c	4,71 ± 0,07 ^c	0,38 ± 0,13 ^{bce}
MaDC	6,67 ± 0,01 ^d	6,08 ± 0,01 ^d	0,58 ± 0,14 ^{cfg}
MiDC	4,17 ± 0,01 ^e	2,92 ± 0,01 ^{be}	1,25 ± 0,00 ^d
Sílica	3,33 ± 0,01 ^b	2,98 ± 0,01 ^{be}	0,35 ± 0,00 ^{be}
Clear Max	3,37 ± 0,01 ^b	2,54 ± 0,01 ^{fg}	0,83 ± 0,02 ^h
PVPP	2,87 ± 0,01 ^a	2,67 ± 0,01 ^{ag}	0,20 ± 0,00 ^{ae}
Biofine	2,67 ± 0,01 ^a	2,44 ± 0,01 ^f	0,23 ± 0,15 ^{abe}
Gelatina	2,74 ± 0,01 ^a	1,99 ± 0,01 ^h	0,75 ± 0,02 ^{fgh}
Carragena	2,36 ± 0,01 ^f	1,78 ± 0,01 ⁱ	0,58 ± 0,00 ^{cf}
CC	3,73 ± 0,01 ^g	2,94 ± 0,01 ^{be}	0,79 ± 0,01 ^{gh}

Fonte: Autoria própria.

*Valores apresentam a média ± desvio padrão; médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey); médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey).

**BaODC (amido oxidado e dextrinizado de batata); BaDC (amido dextrinizado de batata); BaO (amido oxidado de batata); MaDC (amido dextrinizado de mandioca); MiDC (amido dextrinizado de milho).

Tabela 7- Valores de claridade pela medida da absorbância ($\lambda=600\text{nm}$) no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação a 20°C

Clarificantes	TEMPO 0	TEMPO 10	TEMPO 20
BaODC		0,12 ± 0,00 ^{aB}	0,07 ± 0,00 ^{aC}
BaDC		0,22 ± 0,00 ^{bB}	0,09 ± 0,00 ^{bC}
BaO		0,18 ± 0,00 ^{cB}	0,08 ± 0,00 ^{cC}
MaDC		0,19 ± 0,00 ^{dB}	0,09 ± 0,00 ^{dC}
MiDC		0,19 ± 0,00 ^{eB}	0,07 ± 0,00 ^{acC}
Sílica		0,15 ± 0,00 ^{fB}	0,07 ± 0,00 ^{eC}
Clear Max		0,13 ± 0,00 ^{gB}	0,01 ± 0,00 ^{fC}
PVPP		0,10 ± 0,00 ^{hB}	0,08 ± 0,00 ^{cC}
Biofine		0,14 ± 0,00 ^{iB}	0,09 ± 0,00 ^{bdC}
Gelatina		0,13 ± 0,00 ^{agB}	0,07 ± 0,00 ^{aC}
Carragena		0,09 ± 0,00 ^{iB}	0,06 ± 0,00 ^{gC}
CC	0,86 ± 0,00 ^A	0,10 ± 0,00 ^{hB}	0,05 ± 0,00 ^{hC}

Fonte: Autoria própria.

*Valores apresentam a média ± desvio padrão; médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey); médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey).

**BaODC (amido oxidado e dextrinizado de batata); BaDC (amido dextrinizado de batata); BaO (amido oxidado de batata); MaDC (amido dextrinizado de mandioca); MiDC (amido dextrinizado de milho).

Tabela 9- Valores de sólidos solúveis (°Brix) no primeiro dia, décimo dia e no vigésimo dia de maturação a 20°C

Clarificantes	TEMPO 0	TEMPO 10	TEMPO 20
BaODC		6,0 ± 0,1 ^{abA}	6,0 ± 0,1 ^{abA}
BaDC		6,1 ± 0,1 ^{bA}	6,0 ± 0,1 ^{abA}
BaO		6,1 ± 0,1 ^{bA}	6,1 ± 0,1 ^{Ba}
MaDC		5,9 ± 0,1 ^{aA}	5,9 ± 0,1 ^{aA}
MiDC		6,1 ± 0,1 ^{bA}	6,0 ± 0,1 ^{abA}
Sílica		5,9 ± 0,1 ^{aA}	5,9 ± 0,1 ^{aA}
Clear Max		5,9 ± 0,1 ^{aA}	5,9 ± 0,1 ^{aA}
PVPP		5,9 ± 0,1 ^{aA}	5,9 ± 0,1 ^{aA}
Biofine		6,0 ± 0,1 ^{abA}	5,9 ± 0,1 ^{abA}
Gelatina		5,9 ± 0,1 ^{aA}	5,9 ± 0,1 ^{aA}
Carragena		5,9 ± 0,1 ^{aA}	5,9 ± 0,1 ^{aA}
CV	6,0 ± 0,1 ^A	6,0 ± 0,1 ^{abA}	6,0 ± 0,1 ^{abA}

Fonte: Autoria própria.

*Valores apresentam a média ± desvio padrão; médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey); médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si ao nível de 5% (Tukey).

**BaODC (amido oxidado e dextrinizado de batata); BaDC (amido dextrinizado de batata); BaO (amido oxidado de batata); MaDC (amido dextrinizado de mandioca); MiDC (amido dextrinizado de milho).