

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
TECNOLOGIA EM ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

KELLY CRISTINA PAULINO

**EXPLORAÇÃO DO USO DA FARINHA DOS COLMOS JOVENS DE
DENDROCALAMUS ASPER NA ELABORAÇÃO DE CERVEJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2020

KELLY CRISTINA PAULINO

**EXPLORAÇÃO DO USO DA FARINHA DOS COLMOS JOVENS DE
DENDROCALAMUS ASPER NA ELABORAÇÃO DE CERVEJA**

**Exploration the use of the flour from young culms of *Dendrocalamus asper* in
the production of beer**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, do Departamento Acadêmico de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, câmpus Campo Mourão, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo

CAMPO MOURÃO

2020



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Departamento Acadêmico de Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

EXPLORAÇÃO DO USO DA FARINHA DOS COLMOS JOVENS DE *DENDROCALAMUS ASPER* NA ELABORAÇÃO DE CERVEJA

por

KELLY CRISTINA PAULINO

Esta defesa foi apresentada em 14 de dezembro de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Tecnologia em Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo
Prof. Orientador

Profa. Dra. Roberta de Souza Leone
Membro titular

Prof. Dr. Miguel Angel Aparicio Rodriguez
Membro titular

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, José da Silva Paulino e Maria Geni da Silva Paulino, minha irmã, Talita da Silva Paulino e meu companheiro, José Viera dos Santos Junior por todo apoio, compreensão, amor e carinho.

Ao meu orientador e amigo Manuel S. V. Plata Oviedo, por todos os ensinamentos.

Aos membros da banca, por todos os conselhos que tornaram este trabalho melhor.

A todos os professores e amigos da UTFPR, que foram essenciais para que eu prosseguisse e chegasse até onde cheguei.

RESUMO

Devido a composição físico química do colmo de bambu *Dendrocalamus asper*, a farinha deste vem sendo estudada para aplicação alimentícia. Pelo conteúdo de amido e de açúcares a farinha de bambu torna-se interessante como ingrediente no processo da fabricação de cerveja, e por possuir considerável teor de fibras e compostos fenólicos pode atuar como clarificante do mosto cervejeiro, pela atuação das cargas negativas, naturalmente encontradas nas fibras, por meio do sequestro de proteínas, positivamente carregadas encontradas no mosto. Para isso, foram elaborados quatro tratamentos de cervejas sendo T1: sem adição de farinhas (controle), T2: 0,85% (17g) de farinha de bambu modificada (FBM), T3: 0,85% de FBM e 5,0% (100 g) de farinha de bambu nativa (FBN); T4: 0,85% de FBM e 8,5% (170 g) de FBN; toda as concentrações em relação ao malte. Os tratamentos passaram por análises físico-químicas sendo teor de proteínas (mg/L), compostos fenólicos (mg/L), claridade (absorbância a 600 nm) e pH, e análise sensorial que avaliou os atributos sabor, odor e cor e também a intenção de compra. Ao final da maturação, as cervejas-tratamentos apresentaram valores de pH entre 4,34 e 4,56, proteína entre 561,96 e 606,57 mg/L, compostos fenólicos entre 152,17 e 215,18 mg/L e claridade (absorbância a 600 nm) entre 0,070 e 0,260. O uso da FBM na etapa de mosturação, regulou o pH do mosto em 5,35 dentro do intervalo ideal (5,1 a 5,5) de atividade das enzimas amilolíticas; também teve comportamento clarificante, unicamente, na etapa de fermentação; quando avaliada sensorialmente obteve um índice de aceitabilidade acima de 70% nos atributos sabor, odor e cor, demonstrando ser uma boa opção para uso na fabricação de cerveja. As cervejas obtidas pela adição da FBN (5,0 e 8,5%) na etapa de fervura resultaram em maiores teores de compostos fenólicos e menos claras que as cervejas controle-puro malte e a cerveja contendo unicamente 0,85% de FBM.

Palavras-chave: Cerveja artesanal. Farinha de bambu. *Dendrocalamus asper*.

ABSTRACT

Due to the physical chemical composition of the *Dendrocalamus asper* bamboo culm, its flour has been studied for food application, due to the starch and sugar content, bamboo flour has become an interesting ingredient in the brewing process and because it has a considerable content of fibers and phenolic compounds can act as a clarifier of the brewing wort, due to the action of the negative charges, naturally found in the fibers, through the sequestration of positively charged proteins found in the wort. For this, four beer treatments were prepared, one being free of flour T1 (control) and three of them using native bamboo flour (FBN) and / or bamboo flour modified with citric acid (FBM), they are: T2: 0.85% FBM, T3: 0.85% FBM and 5.0% FBN and T4: 0.85% FBM and 8.5% FBN, all concentrations in relation to malt. The treatments underwent physico-chemical analyzes being protein content (mg / L), phenolic compounds (mg / L), clarity (absorbance at 600 nm) and pH, and sensory analysis that evaluated the flavor, odor and color attributes and also purchase intent. At the end of maturation, the beer-treatments showed pH values between 4.34 and 4.56, protein between 561.96 and 606.57 mg / L, phenolic compounds between 152.17 and 215.18 mg / L and clarity (absorbance at 600 nm) between 0.070 and 0.260. The use of FBM in the mashing stage, regulated the pH of the wort at 5.35 within the ideal range (5.1 to 5.5) of amyolytic enzyme activity; it also had a clarifying behavior, only in the fermentation stage; when evaluated sensorially, it obtained an acceptability index above 70% in the flavor, odor and color attributes, proving to be a good option for use in the manufacture of beer. The beers obtained by adding FBN (5.0 and 8.5%) in the boiling stage resulted in higher levels of phenolic compounds and less clear than control-pure malt beers and beer containing only 0.85% FBM.

Keywords: Craft beer. Flour of bamboo. *Dendrocalamus asper*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Partes do bambu	17
Figura 2 - Corte transversal do colmo mostrando os feixes vasculares e células parenquimáticas dos colmos e um corte transversal das células dos parênquimas dos colmos com grãos de amido, respectivamente	18
Figura 3 - <i>Dendrocalamus asper</i>	19
Figura 4 - Fluxograma do preparo dos tratamentos	22
Figura 5 - Panela artesanal cervejeira	23
Gráfico 1 - Índice de aceitabilidade das cervejas	36
Quadro 1 - Ficha utilizada para preenchimento no teste de aceitação e intenção de compra	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidades dos ingredientes utilizados na fabricação das cervejas	22
Tabela 2 - Valores de pH dos tratamentos nas etapas de início da fermentação, início da maturação e fim da maturação do processo de elaboração das cervejas.....	29
Tabela 3 - Teores de proteínas (mg/L) nos tratamentos nas etapas de início da fermentação (IF), início da maturação (IM) e fim da maturação (FM) do processo de elaboração das cervejas	30
Tabela 4 - Teores de compostos fenólicos totais (mg/L) nos tratamentos nas etapas de início da fermentação (IF), início da maturação (IM) e fim da maturação (FM) do processo de elaboração das cervejas	32
Tabela 5 - Valores de absorvância (600 nm, 25°C) nos tratamentos nas etapas de início da fermentação (IF), início da maturação (IM) e fim da maturação (FM) do processo de elaboração das cervejas	Erro! Indicador não definido.
Tabela 6 - Resultados do teste de aceitação e intenção de compra.....	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	A cerveja e os Ingredientes	14
3.1.1	Água	14
3.1.2	Malte	15
3.1.3	Lúpulo	15
3.1.4	Levedura	16
3.2	Bambu	16
3.2.1	Colmo	17
3.2.2	<i>Dendrocalamus Asper</i>	18
3.3	Estabilidade Coloidal da Cerveja – Turbidez	19
4	MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1	Materiais	21
4.2	Métodos	21
4.2.1	Obtenção da Farinha de Bambu Modificada (FBM)	21
4.2.2	Preparo das Cervejas Estilo Ale	21
4.2.3	Análises Físico-Químicas	25
4.2.4	Análise Sensorial	27
4.2.5	Análise Estatística	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5.1	Análises Físico-Químicas	29
5.1.1	pH	29
5.1.2	Proteínas	30
5.1.3	Compostos Fenólicos	31
5.1.4	Claridade	32
5.2	Avaliação Sensorial	34
6	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Assim como a cevada e outros cereais, o bambu, *Dendrocalamus asper*, é uma gramínea pertencente à família *Poaceae* e subfamília *Bambusoideae*. É uma cultura economicamente importante, por ser permanente e gerar resultados rapidamente podendo ser colhida de três a cinco anos após o plantio (LISE; KOHL, 2015).

Segundo o “International Network for Bamboo and Rattan - INBAR” (2012), o bambu no mercado internacional era estimado em mais cinco bilhões de dólares. No Brasil, apenas o broto do bambu que é rico em vitaminas, minerais, aminoácidos e principalmente fibras é utilizado como alimento. Atualmente, no mercado externo essas fibras vêm sendo comercializadas em diversas aplicações alimentícias, desde pães, waffles, massas, produtos à base de carne, queijo, iogurte e confeitaria (MIYAKE *et al.*, 2016).

Devido a rica composição do broto do bambu, Felisberto *et al.*, (2017) avaliaram o colmo jovem do bambu como alternativa de matéria prima, visando futuras aplicações alimentícias. Assim, os autores observaram que o colmo de *D. asper* possui alto conteúdo de fibras (67,27 - 79,61 g/100g) e consideráveis teores de amido (6,59 – 16,59 g/100g) e açúcares (0,29 – 5,23g/100g).

No mercado brasileiro, após sancionada a lei nº 12.484 (Brasil, 2011), que estimula o manejo sustentável do bambu de formações nativas e seus cultivos, também o incentivo a pesquisa e as aplicações dos produtos e subprodutos do bambu, o interesse pela gramínea vem aumentando.

Outro mercado em constante ascensão no Brasil é o cervejeiro, segundo Marcusso e Muller (2018) a produção de cerveja no país apresenta uma tendência crescente nos últimos 30 anos, o que o colocou no terceiro lugar no ranking mundial da produção.

Um dos aspectos de qualidade desejados pelos consumidores na cerveja é a limpidez e a estabilidade coloidal que se manifesta pelo não desenvolvimento de turbidez durante a vida de prateleira da bebida. Ambos aspectos estão relacionados com a retirada de proteínas de elevado peso molecular, em diferentes etapas do processo de fabricação, do mosto cervejeiro (ESSLINGER, 2009).

A primeira remoção de proteínas acontece durante a etapa de fervura onde, parte das proteínas insolúveis formam complexos com polifenóis do lúpulo, em altas

temperaturas, e são removidas na forma de um sedimento gelatinoso, chamado de *trub* quente (ESSLINGER, 2009). Porém, nem todas proteínas de elevado peso molecular e compostos polifenólicos são removidos nessa etapa. A presença destes compostos causa, posteriormente, a turbidez do mosto quando resfriada a temperaturas menores de 60°C. Esse último complexo sedimentará nas etapas de fermentação e maturação constituindo o *trub* frio (BAMFORTH, 2006).

Para maximizar a remoção das proteínas na etapa de fervura, é necessário o uso de um agente clarificante com cargas negativas, que por interação eletrostática, se ligam às moléculas de proteínas de alto peso molecular e positivamente carregadas. O agente clarificante mais usado é a kappa-carragena, polissacarídeo de origem marinha, que contém elevados teores de grupos sulfatos ($-\text{SO}_4^{2-}$) que ao interagir com as proteínas coagulam a quente provocando a precipitação. Também tem efeito clarificante residual nas etapas finais do processo de produção da cerveja (ESSLINGER, 2009; BAMFORTH, 2006).

A farinha do colmo de bambu possui elevados teores de compostos fenólicos que podem variar de 295,85 a 471,91 mg/kg dependendo espécie, podendo ser fonte desses compostos com propriedades antioxidantes e por possuir elevados teores de fibras (67,27 - 79,61 g/100g) (KESKI-SAARI *et al.*, 2008; FELISBERTO *et al.*, 2017; CAZAL 2006) que naturalmente pode apresentar cargas negativas, poderão ter a capacidade de complexar eletrostaticamente com proteínas e agir como agente clarificante do mosto cervejeiro.

Existem cervejas comerciais que utilizam como ingrediente extrato das folhas do bambu, essas são adicionados na etapa da fermentação para obter cerveja tipo *brown ale* (INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO, 2014).

Pelo conteúdo de amido (6,59 – 16,59 g/100g) e de açúcares (0,29 – 5,00 g/100g) a farinha do colmo de bambu torna-se interessante como ingrediente no processo de fabricação de cerveja (FELISBERTO *et al.*, 2017). Também se espera que possa contribuir na obtenção de cerveja de sabor diferenciado. Para tal, será usado farinha do colmo jovem de bambu *Dendrocalumus asper in natura* e modificada.

A farinha de bambu *D. asper in natura* (FBN) preparada de acordo com a metodologia descrita por Felisberto *et al.*, (2017) foi fornecida pelo Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos Cereais da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP e a farinha modificada (FBM) foi esterificada com ácido cítrico para

incorporar cargas negativas (WING, 1996) e ter maior capacidade de se ligar as cargas positivas das proteínas presentes no mosto (GRAAF *et al.*, 1998).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Explorar o uso da farinha proveniente dos colmos jovens de *Dendrocalamus asper* na elaboração de cerveja.

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar o efeito da farinha modificada de bambu como regulador do pH do mosto.
- Avaliar o efeito da farinha de bambu modificada e da farinha de bambu modificada/nativa nos teores de proteína, compostos fenólicos totais e na claridade dos mostos.
- Avaliar o efeito das farinhas de bambu nas características sensoriais e intenção de compra da bebida.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A cerveja e os Ingredientes

A cerveja é uma bebida obtida da fermentação alcoólica, por levedura cervejeira, do mosto ou extrato oriundo do malte de cevada e água potável, passado pelo processo de fervura com adição de lúpulo, podendo-se o malte de cevada ser substituído pelos seus respectivos extratos. Podendo ser adicionada de ingrediente de origem vegetal ou animal, de coadjuvante de tecnologia e de aditivo a serem regulamentados em atos específicos (BRASIL, 2019).

A produção de cerveja no Brasil apresenta uma tendência crescente nos últimos 30 anos, e recentemente alcançou o patamar de 140 milhões de hectolitros (mi hL) colocando o Brasil em terceiro lugar no ranking mundial, atrás apenas da líder China (460 mi hL) e dos EUA (221 mi hL) e a frente da Alemanha (95 mi hL) e da Rússia (78 mi hL) (MARCUSO e MULLER, 2018).

Com a segmentação do mercado cervejeiro no Brasil e o interesse do consumidor experimentar, cada vez mais novos tipos de cerveja são disponibilizados no mercado, impulsionados pela elevação de ofertas de produtos importados e do número de micro cervejarias, que nos últimos anos tem aumentado sua atuação pelo fato de serem empreendimento lucrativos em um mercado defasado, monopolizado por pequeno número de grandes indústrias (MORADO, 2011).

3.1.1 Água

A água é a principal matéria-prima do processo cervejeiro. Uma vez que compõe cerca de 92 a 95% em peso da cerveja, deve ser de boa qualidade e se não apresentar composição química adequada, poderá ser tratada com o objetivo de purificá-la (VENTURINI FILHO, 2010).

O pH ideal (5,1 a 5,5) da água utilizada na produção da cerveja contribui para controlar a degradação do amido e das proteínas do mosto. Um pH mais elevado favorece a extração das substâncias corantes ácidas, taninos e resinas amargas do malte e do lúpulo. A reação ácida da água (acidificação), no entanto, é necessária para obter a máxima atividade de enzimas amilolíticas e proteolíticas (AQUARONE, 1983).

A atual disposição tecnológica das cervejarias favorece a possibilidade do uso de água com teor de pureza e sais minerais adequados para produção de cerveja. A água dura, rica em sais minerais, é excelente para a cerveja amarga; a água leve, é ideal para cervejas mais leves. Atualmente, as cervejarias tratam a água por osmose reversa para depois acrescentar sais minerais de acordo com o estilo de cerveja a ser fabricado (EUMANN, 2006; MEGA, NEVES; ANDRADE, 2011; SANTOS *et al.*, 2013)

3.1.2 Malte

O malte é resultante do processo artificial e controlado de germinação (malteação) da cevada, cereal da família das gramíneas (gênero *Hordeum*). Os grãos de cevada são cultivados em climas temperados, após a colheita, são colocados para germinar, visando à indução das enzimas α -amilase e β -amilase que transformarão o amido em açúcares fermentescíveis (maltose, glicose, maltotriose) e serão usadas de energia para o embrião se desenvolver e originar uma nova planta (ZUPPARDO, 2010; MATOS, 2011; SANTOS *et al.*, 2013).

Para preservar a atividade enzimática o malte verde é seco a baixas temperaturas (50 a 60°C) até atingir 23% de umidade. Após esta etapa são efetuados ligeiros aumentos da temperatura até atingir 6% de umidade. Por último o malte é tostado a temperaturas de 70 a 80°C para obtenção de maltes claros de elevada atividade enzimática como o malte pilsen usado na maioria das cervejas como malte base, precursor dos açúcares fermentescíveis (PORTO, 2006). Quando tostado a elevadas temperaturas (100 a 300°C) a finalidade é a fabricação de maltes escuros, sem atividade diastática, usados em pequenas quantidades (1 a 5%) para conferir cor, aroma e sabor a cerveja (SACH, 2001).

3.1.3 Lúpulo

É uma planta trepadeira com o nome de *Humulus lupulus* cultivada em climas frios do hemisfério norte como Inglaterra, Alemanha, República Checa e Estados Unidos. É uma planta dióica (plantas, machos e fêmeas separadas), mas para a produção da cerveja são utilizadas apenas as flores femininas. Nas glândulas de lupulina encontram-se as resinas (α -ácidos) e óleos essenciais que conferem à

bebida, respectivamente, o sabor amargo e aroma característico. Além do aroma e do amargor, o lúpulo apresenta ação antisséptica, pois os iso- α -ácidos, liberados na fervura, são bacteriostáticos, e contribuem para estabilidade do sabor e espuma da cerveja. Os lúpulos são comercializados na forma de flores prensadas, pó, extrato e principalmente na forma de “pellets” (SACHS, 2001; MATOS, 2011; MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011; SANTOS, 2011; CERRI, 2012; SANTOS, *et al*, 2013).

3.1.4 Levedura

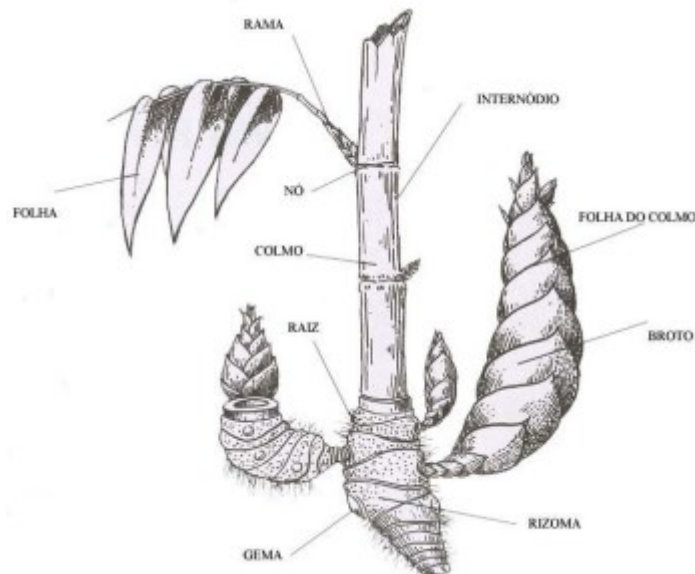
O fermento mais utilizado para produção da cerveja são as leveduras *Saccharomyces*, com cepas de alta (*Saccharomyces cerevisiae*) e baixa fermentação (*Saccharomyces pastorianus*), denominadas respectivamente, *ale* e *lager*. O fermento é utilizado para realizar o processo de fermentação microbiológica dos açúcares presentes no mosto cervejeiro. O processo de alta fermentação normalmente ocorre a uma temperatura entre 15 e 22°C, sendo que fermentam na parte superior do mosto. Normalmente fermentam todo o açúcar em um período de 3 a 5 dias. Já o processo de baixa fermentação ocorre a uma temperatura de 6 a 15°C, fermentam a partir do fundo do mosto e normalmente demora cerca de 10 dias (MATOS, 2011; EVANGELISTA, 2012).

3.2 Bambu

Assim como os cereais, o bambu é uma gramínea pertencente à família *Poaceae* e subfamília *Bambusoideae* (LIESE e KOHL, 2015). Do ponto de vista agrícola, é uma cultura economicamente importante por ser perene e produzir colmos assexuadamente, ano após ano, sem necessidade de replantio, com grande produtividade (t/ha) anual por unidade de área. O maior diferencial está relacionado com a velocidade de crescimento de seus colmos, que, diferentemente das madeiras, crescem só em altura (sentido longitudinal), por não apresentarem elementos anatômicos arranjados na direção radial e nem tangencial. Desta forma, podem ter seu primeiro corte efetuado apenas de três a cinco anos após o plantio (AKIRA *et al.*, 2007; LIESE e KOHL, 2015).

Embora seja uma gramínea, os bambus possuem hábito arborescente e da mesma forma que as árvores apresentam uma parte aérea constituída pelo colmo, folhas e ramificações e outra subterrânea composta pelo rizoma e raiz (Figura 1) (SILVA, 2005).

Figura 1 - Partes do bambu

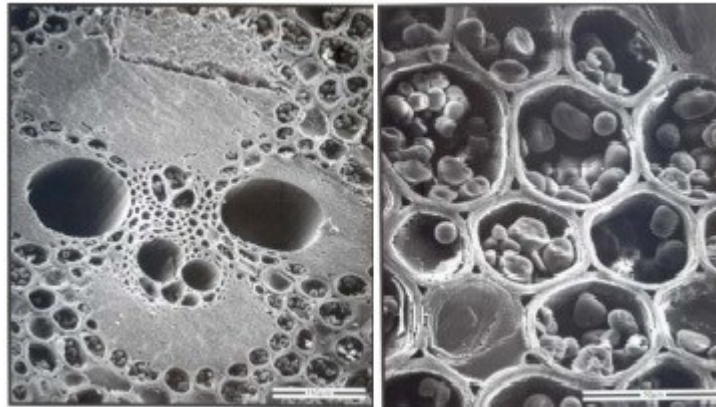


Fonte: NMBA (2004).

3.2.1 Colmo

O colmo originando-se de uma gema ativa do rizoma compõe a parte aérea dos bambus e dá sustentação para os ramos e folhas. Como os bambus não apresentam crescimento radial, o colmo já surge com o seu diâmetro máximo na base e afunila em direção ao ápice assumindo assim a sua forma cônica. Os colmos são segmentados por nós e os espaços compreendidos entre dois nós são denominados entrenós, que são menores na base, aumentam o seu comprimento na parte mediana e reduzem novamente o tamanho na medida em que vão aproximando do ápice. As paredes dos nós são mais finas que as paredes dos entrenós e recebem o nome de diafragma. Uma parte das células do colmo denominadas parênquimas possui como fonte de reserva, polímeros de amido (Figura 2) (SILVA, 2005).

Figura 2 - Corte transversal do colmo mostrando os feixes vasculares e células parenquimáticas dos colmos e um corte transversal das células dos parênquimas dos colmos com grãos de amido, respectivamente



Fonte: Liese (1998) apud Silva (2005).

3.2.2 *Dendrocalamus Asper*.

Esta espécie é uma espécie de bambu gigante (Figura 3) que forma um amontoado, que pode atingir até 30 m. Cresce bem em regiões úmidas e semi-áridas, com solos ricos. Cresce bem em regiões úmidas e semi-áridas, com solos ricos e em altitudes de até 1000 m. É distribuído naturalmente na Índia, Tailândia, Vietnã, Malásia, Indonésia, Filipinas e Brasil. Essa espécie é habitualmente chamada de "balde de bambu" devido ao seu grande diâmetro de colmo, que pode atingir até 25 cm (Akira *et al.*, 2007), e também é comumente identificada como *Dendrocalamus giganteus*. Essa variedade tem sido amplamente utilizada em construções civis em áreas rurais, mas seu maior uso é na produção de brotos comestíveis, considerados mais doces e saborosos (PEREIRA; BERALDO, 2010).

A farinha do colmo jovem de bambu *Dendrocalamus asper* tem grande potencial em aplicações alimentícias, principalmente pelo seu baixo teor de lipídeos, e seus elevados teores de amido e de outros carboidratos (indicativo de elevado teor de fibras) (MIYAKE, 2016).

Figura 3 - Dendrocalamus asper



Fonte: Felisberto *et al.*, (2017).

3.3 Estabilidade Coloidal da Cerveja – Turbidez

Um dos principais fatores da estabilidade é garantir uma cerveja brilhante e límpida. 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).

A composição do turvamento da cerveja pode variar de uma escala larga, porém existem três grandes importantes grupos de polímeros: polipeptídios, polifenóis (taninos) e polissacarídeos. Cada um destes três grupos poder ter uma quota de até 75% da turbidez, principalmente os complexos entre proteínas e taninos (BAMFORTH, 2006).

Existem, na cerveja, dois tipos de turbidez, a frio que se apresenta quando ela é resfriada até 0°C ou abaixo, e acaba desaparecendo se aquecida até 20°C e, turbidez irreversível que surge devido a um grande período de tempo com turbidez a frio, se tornando permanente (ESSLINGER, 2009).

Durante o processo de fermentação, existem três possibilidades de descartar as partículas de proteínas (indesejadas). A primeira oportunidade é dada durante a fervura do mosto, onde as proteínas coagulam e podem ser removido no *trub* sedimentado após o turbilhonamento. O segundo, durante a fermentação, onde o pH diminui e as proteínas, as partículas podem ser separadas por sedimentação. O

terceiro passo é durante a maturação da cerveja, onde as proteínas aderem à levedura e podem ser descartadas (WIESEN *et al.*, 2011).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Os materiais malte pilsen, lúpulo Citra na forma de péletes (alfa ácido 13,8%) e levedura (fermento cervejeiro de alta fermentação - Safale S-05) foram adquiridos na cervejaria Tauá localizado na cidade de Campo Mourão – PR.

A farinha do colmo jovem de bambu *Dendrocalumus asper in natura* (FBN) preparada de acordo com a metodologia descrita por Felisberto *et al.*, (2017) foi fornecida pelo Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos Cereais da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP.

4.2 Métodos

4.2.1 Obtenção da Farinha de Bambu Modificada (FBM)

A modificação foi baseada na metodologia descrita por Wing (1996). Amostra de 150 gramas de farinha de bambu foi adicionada de 90 mL solução aquosa contendo 7,5 g de ácido cítrico anidro, embalada em saco plástico de polietileno, deixada em repouso a temperatura ambiente (25 a 27°C) por 12 horas e seguir seca em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 60°C por 10 horas. Por último, a mostra seca foi submetida a tratamento térmico de 150°C por duas horas.

4.2.2 Preparo das Cervejas Estilo Ale

Foram elaborados quatro tratamentos de cervejas, denominados T1, T2, T3 e T4 (Tabela 1), sendo três delas utilizando a farinha de bambu de forma modificada (FBM) e/ou farinha de bambu nativa (FBN), e um tratamento controle isento das farinhas de bambu (T1).

Tabela 1 - Quantidades dos ingredientes utilizados na fabricação das cervejas

Ingredientes	T1	T2	T3	T4
Malte (g)	2000	2000	2000	2000
FBM (g)	-	17	17	17
FBN (g)	-	-	100	170
Lúpulo (g)	6	6	6	6
Levedura (g)	2,3	2,3	2,3	2,3

Fonte: FBM – Farinha de bambu modificada; FBN – Farinha de bambu nativa.

O Preparo das cervejas seguiu a metodologia descrita por Oliveira; Faber; Plata-Oviedo (2007), com modificações conforme os tratamentos (Figura 4).

Figura 4 - Fluxograma do preparo dos tratamentos

Fonte: Autoria própria.

4.2.2.1 Moagem

O malte pilsen, seco, em grãos, foi pesado e moído em moinho de disco de modo de não triturar a palha em excesso afim de evitar entupimento na placa filtrante da panela de mosturação.

4.2.2.2 Mosturação

Na panela cervejeira (Figura 5) foram depositados malte moído (2,0 kg), água potável isenta de cloro (8 L) e a farinha de bambu modificada (FBM) que servirá como regulador do pH do mosto, exceto para o tratamento T1 (Tabela 1) que se utilizou-se de ácido láctico para regulagem do pH mosto ajustado para 5,3.

As rampas de mosturação realizada foram: 35°C por 5 minutos, 49°C por 10 minutos, 64°C por 60 minutos, 70°C por 30 minutos e por fim para 78°C por 10 minutos visando inativar as amilases.

Figura 5 - Panela artesanal cervejeira



Fonte: Autoria própria.

4.2.2.3 Filtragem e lavagem do mosto

O mosto foi filtrado na própria panela cervejeira que contém um fundo falso. A torta foi lavada com água potável (pH 8,2) isenta de cloro a temperatura de 70-75°C para a extração dos açúcares residuais do malte. A lavagem foi concluída quando o mosto secundário atingiu teor de sólidos solúveis de 5°brix.

4.2.2.4 Fervura e Turbilhonamento

O mosto foi aquecido até fervura e adicionado o lúpulo. Nesta etapa também foi adicionada a farinha de bambu nativa (FBN) nos tratamentos T3 e T4 (Figura 4) para que essa farinha pudesse conferir sabor a cerveja finalizada. A fervura ocorreu por 70 minutos e após, o mosto obteve concentração de sólidos solúveis de 13°brix.

O mosto fervido foi agitado de forma circular (turbilhonado) e colocado em repouso por 40 minutos para promover a sedimentação dos compostos insolúveis no centro do recipiente, fazendo com que apenas o mosto limpo, acima da camada de precipitados, fosse removido.

4.2.2.5 Resfriamento

O filtrado obtido foi resfriado em trocador de calor tipo serpentina até atingir a temperatura de 12°C, e seguiu para os recipientes fermentadores, devidamente sanitizados afim de evitar contaminação.

4.2.2.6 Fermentação

Após o resfriamento o mosto foi agitado de forma circular por 5 minutos com auxílio de uma colher para permitir a oxigenação. Após adição da levedura os recipientes foram fechados com tampas que continham um orifício onde foi introduzido uma mangueira para que fosse permitido a liberação dos gases originados da fermentação. Este processo, ocorreu por doze dias à temperatura de 15°C.

Os tratamentos atingiram os seguintes teores de farinha nativa de bambu (FNB) e de farinha modificada de bambu (FMB) em relação a massa de malte.

- T1: sem adição de farinhas (controle);
- T2: 0,85% (17g) de FBM;
- T3: 0,85% de FBM e 5,0% (100 g) de FBN;
- T4: 0,85% de FBM e 8,5% (170 g) de FBN.

4.2.2.7 Maturação

Ao fim da fermentação, foi feita a trasfega da cerveja para os recipientes de maturação, onde ficaram armazenados a 12°C por 7 dias e a 0°C por mais 7 dias.

4.2.2.8 Envase

As cervejas foram engarrafadas em garrafas de polietileno tereftalato (PET) de 2 litros, limpas, fanatizadas com O₃ e álcool 70°GL e identificadas por lotes. Após, foram gaseificadas com CO₂.

4.2.3 Análises Físico-Químicas

Todas as amostras para análises físico químicas foram retiradas de três etapas do processo de todos os quatro tratamentos, que são: primeiro dia da fermentação (IF), último dia da fermentação/primeiro dia da maturação, doravante denominado início da maturação (IM) e último dia da maturação – fim do processo (FM).

4.2.3.1 Análise de pH

As análises de pH das amostras foram determinadas utilizando pH-metro GEHAKA PG1400.

4.2.3.2 Determinação de proteínas

A análise para determinação de proteínas totais foi realizada em triplicata via espectrofotometria pelo método de Bradford com modificações (BRADFORD, 1976).

Esta baseia se na utilização do corante de “Coomassie brilliant blue” BG-250 que interage com as macromoléculas de proteínas, que contém aminoácidos de cadeias laterais básicas ou aromáticas. Essa interação absorve fortemente e pode ser observada em espectrofotômetro a 595 nm.

Para a quantificação foram colocados numa cubeta 100 µL mosto om 1,5 mL do reagente de Bradford e 2,5 mL de água destilada A cubeta mantida em repouso por 6 minutos e a seguir feita a leitura em espectrofotômetro (Femto, modelo 600 Plus) a 595 nm. A concentração de proteína foi determinada por interpolação da absorbância contra a concentração de soluções padrões de albumina bovina. O resultado foi expresso em miligramas de proteína por litro (mg/L).

4.2.3.3 Compostos fenólicos

A análise de quantificação de compostos fenólicos foi realizada em triplicata pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu com modificações (AMERINE; OUGH, 1976).

Para isso, foram colocados 100 µL do mosto com 250 µL do reagente Folin-Ciocalteu e 1,7 mL de água em cubetas. Em seguida, as cubetas foram mantidas em repouso por 3 minutos. Após, foram adicionados 2,0 mL de Na₂CO₃ e as cubetas ficaram de em banho-maria à 37°C, por 30 minutos. Só então as soluções foram lidas em espectrofotômetro a 765 nm, utilizando espectrofotômetro (Femto, modelo 600 Plus), 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 padrões de ácido gálico e expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico por litro (mg EAG/L).

4.2.3.4 Claridade

A análise de claridade foi realizada pela determinação da absorbância no comprimento de onda de 600 nm. A absorbância é relacionada com o número de partículas em suspensão de uma amostra, a diminuição desse parâmetro se interpreta como diminuição do número de partículas e aumento da claridade (DALE, TRAN e LYDDIATT, 1996). Foram retirados 3 mL de cada amostra e determinada a absorbância a temperatura de 25°C.

4.2.4 Análise Sensorial

Foi realizada análise sensorial de aceitação e intenção de compra dos quatro tratamentos de cerveja. As cervejas foram avaliadas por 50 provadores não treinados, adultos maiores de 18 anos.

As amostras foram dispostas em copos de vidro de 100 mL, refrigeradas (5 a 8°C), em porção padronizada de aproximadamente 30 mL e codificadas com números aleatórios de três dígitos. Junto com a amostra foi servido água à temperatura ambiente para limpeza do palato.

Foi fornecida ficha de teste (Quadro 1), contendo uma escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de 1 “desgostei extremamente” a 9 “gostei extremamente”. A análise sensorial, através do teste de aceitação, avaliará os atributos sabor, odor e cor/ claridade. Para avaliar a intenção de compra, foi utilizado escala de 5 pontos variando de 1 “certamente não compraria” a 5 “certamente compraria”.

Quadro 1 - Ficha utilizada para preenchimento no teste de aceitação e intenção de compra

Nome: _____		Sexo: _____		Idade: _____		Data: ___/___/___	
<p>Teste 1 - Você está recebendo uma amostra codificada de cerveja. Avalie quanto ao atributo sabor, odor e cor segundo ao grau de gostar ou desgostar, utilizando a escala abaixo. Obrigada!</p>							
(9) Gostei extremamente							
(8) Gostei muito				Sabor () _____			
(7) Gostei moderadamente							
(6) Gostei ligeiramente				Odor () _____			
(5) Indiferente							
(4) Desgostei ligeiramente				Cor () _____			
(3) Desgostei moderadamente							
(2) Desgostei muito							
(1) Desgostei Extremamente.							
<p>Teste 2 – Ainda sobre a amostra. Avalie quanto a intenção de compra, utilizando a escala abaixo. Obrigada!</p>							
(5) Certamente compraria							
(4) Possivelmente compraria				() _____			
(3) Talvez comprasse / talvez não comprasse							
(2) Possivelmente não compraria							
(1) Certamente não compraria							

Fonte: Autoria própria.

O presente trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UTFPR (CAAE: 26775219.6.0000.5547) para sua realização.

4.2.4.1 Índice de aceitabilidade

Os atributos, sabor, odor e cor foram calculados quanto ao índice de aceitabilidade (IA), tendo como base notas médias obtidas no teste de aceitação. Para o cálculo foi adotada a seguinte expressão matemática:

$$IA = \frac{A \times 100}{B}$$

Onde:

A = Nota média obtida para o atributo;

B = Nota máxima dada ao atributo.

4.2.5 Análise Estatística

Os resultados experimentais foram analisados estatisticamente por análise de variância ao nível de 5 % de significância e a comparação entre as médias por Scott Knott, utilizando o software público Sisvar versão 5.7

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análises Físico-Químicas

5.1.1 pH

O uso de 0,85% de farinha de bambu modificada com ácido cítrico (FBM), na etapa de mosturação, regulou o pH dos mostos T2, T3 e T4 em 5,35 não sendo necessário o uso de agente acidulante (ácidos: láctico, málico, cítrico ou fosfórico) dentro no pH ideal (5,1 a 5,5) para a ação das enzimas amilolíticas e transformação do amido do malte em açúcares fermentescíveis (maltose, glicose, maltotriose) e dextrinas. No mosto T1, isento de FBM, utilizou-se de ácido láctico para regulagem do pH em 5,3.

A Tabela 2 mostra os resultados das análises do pH dos tratamentos ao longo das etapas.

Tabela 2 - Valores de pH dos tratamentos nas etapas de início da fermentação, início da maturação e fim da maturação do processo de elaboração das cervejas

Etapa	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Início da fermentação (IF)	6,36	6,48	6,46	6,48
Início da maturação* (IM)	4,52	4,67	4,74	4,69
Fim da maturação (FM)	4,34	4,48	4,56	4,50

*o início da maturação é o fim da fermentação

T1 tratamento controle sem farinha de bambu

T2 tratamento com 17 g de farinha de bambu modificada (FBM)

T3 tratamento com 17 g de FBM + 100 de farinha de bambu nativa (FBN)

T4 tratamento com 17 g de FBM + 170 g FBN

Fonte: Autoria própria.

Nessas etapas houve uma queda brusca do pH explicado por Reinold (1997) que afirma que os responsáveis por essa queda são os ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação do mosto, como o ácido láctico, succínico e acético.

Li & Liu (2015) classificaram os ácidos orgânicos de acordo com a caracterização das mudanças durante a fermentação e seu nível inicial no mosto, assim concluíram que, os ácidos cítrico, málico, fumárico e fórmico são produzidos

durante a fermentação, não importa quão alto seja sua concentração, a quantidade desses ácidos, em cerveja é determinada principalmente por sua concentração no mosto, de acordo com o malte utilizado. Já o ácido láctico e acético, que apresentam alta concentração inicial no mosto, são altamente formados durante a fermentação. E o ácido succínico apresenta uma baixa concentração no mosto, porém é amplamente formado durante a fermentação, e é principalmente determinado pela fermentação da cerveja.

Durante a etapa FM (final da maturação) a queda foi menor, nesta etapa o pH dos tratamentos ficou entre T1 - 4,34 e T3 - 4,56. Para Hardwick (1995) o pH das cervejas do tipo "ale" variam de 3 a 6. Já, segundo a Home Brew Beer Supplies (2020), no entanto as cervejas tendem a ter pH entre 3,8 e 4,5. Cervejas mais ácidas costumam ser brilhantes, com sabores parecendo mais separados, e cervejas tipo "pale ales" pH de 4-4,2 muitas vezes fará com que o amargor do lúpulo pareça mais claro e limpo. Acima de 4,3, o sabor e o amargor do lúpulo podem se tornar confusos e pesados.

Os tratamentos T1, T2 e T4 apresentaram um pH final igual ou menor que 4,50 sendo importante para a segurança alimentar, pois segundo Hoffmann (2001) mantém isenta as cervejas de micro-organismo patogênicos, principalmente o *Clostridium botulinum*, bactéria que causa o botulismo, e também evita posteriores contaminações, contribuindo para um produto de boa qualidade. Um pH acima de 4,5 tornará a cerveja muito menos estável microbiologicamente e, nesse ponto, bactérias nocivas podem sobreviver (HOME BREW BEER SUPPLIES, 2020).

5.1.2 Proteínas

A Tabela 3 mostra o comportamento das amostras dos tratamentos de 1 a 4 em relação ao teor de proteínas.

A farinha de bambu apresenta elevado teor de fibra que dependendo da cultivar pode variar de 67,27 a 79,61 g/100g (KESKI-SAARI *et al.*, 2008; FELISBERTO *et al.*, 2017) e segundo Chaowana (2013) a fibra é composta de celulose (73,8%), hemicelulose (12,5%), lignina (10,1%) e pectina (0,4%). As fibras de celulose naturalmente apresentam cargas negativas (CAZAL *et al.*, 2006). As cargas negativas das fibras celulósicas são aumentadas por esterificação com ácido cítrico adquirindo propriedade de troca iônica (WING, 1996).

Tabela 3 - Teores de proteínas (mg/L) nos tratamentos nas etapas de início da fermentação (IF), início da maturação (IM) e fim da maturação (FM) do processo de elaboração das cervejas

Etapa	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
IF	1020,19 _{aA} ± 2,72	900,89 _{bA} ± 8,80	896,44 _{bA} ± 28,84	914,87 _{bA} ± 7,70
IM	590,43 _{aB} ± 27,35	686,13 _{aB} ± 43,38	614,50 _{aB} ± 43,61	589,75 _{aB} ± 70,68
FM	606,57 _{aB} ± 20,11	591,70 _{aC} ± 6,44	584,26 _{aB} ± 5,58	561,96 _{aB} ± 5,58

Letras minúsculas diferentes na mesma linha correspondem a diferenças significativas entre os tratamentos. Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna correspondem a diferenças significativas entre etapas. Nível de significância $p < 0,05$ (Scott Knott).

T1- tratamento controle sem farinha de bambu

T2- tratamento com 0,85% de farinha de bambu modificada adicionada na mosturação (FBM-M)

T3- tratamento com 0,85% de FBM-M + 5,0% de farinha de bambu nativa adicionada na fervura (FBN-F)

T4- tratamento com 0,85% de FBM-M + 8,5% g FBN-F

Fonte: Autoria própria.

O intuito da incorporação de cargas negativas na farinha de bambu, pelo processo de esterificação com ácido cítrico, era a de conferir capacidade de interagir com as proteínas vindas do malte, carregadas positivamente. O uso de farinha de bambu modificada na mosturação (tratamento T2) e a combinação de farinha de bambu modificada (FBM) na mosturação/farinha de bambu nativa (FBN) na fervura (tratamentos T3 e T4) provocaram diminuição no início da fermentação em relação a tratamento controle isento de farinha de bambu (T1), no entanto, os tratamentos T2, T3 e T4 não diferiram entre si ($p > 0,05$). Esses resultados apontam que a adição da FBM (0,85% em relação ao malte) na mosturação foi capaz de reduzir o teor de proteína e que adição de FBN (5,0 e 8,5% em relação ao malte) na fervura não contribuiu na redução desse indicador.

Os teores proteínas dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 não diferiram entre si ($p > 0,05$) no início da fermentação como também não diferiram no final da maturação, indicando que FBM ou uso duplo de FBM-FMN só tiveram efeito clarificante pós fermentação (IM).

5.1.3 Compostos Fenólicos

No início da fermentação o tratamento T1 (sem farinha de bambu) apresentou teor de 252,00 mg/L de compostos fenólicos totais (CFT), com a adição de FBM registrou-se diminuição ($p < 0,05$) nos CFT no tratamento T2 (181,32 mg/L) (Tabela 4).

Com adição de FBN na fervura, 5% no tratamento T3 e 8,5% no tratamento T4 registraram-se aumentos ($p < 0,05$), respectivamente 222,75 e 270 mg CFT/L, em relação ao tratamento T1, aumentos que são condizentes com a presença de compostos fenólicos nos colmos de bambu, que segundo Keski-Saari *et al.* (2008) os teores podem variar de 295,85 a 771,48 mg/kg dependendo da variedade e a idade.

Tabela 4 - Teores de compostos fenólicos totais (mg/L) nos tratamentos nas etapas de início da fermentação (IF), início da maturação (IM) e fim da maturação (FM) do processo de elaboração das cervejas

Etapa	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
IF	252,00 _{aA} ± 5,94	181,32 _{cA} ± 16,45	222,75 _{bA} ± 3,50	270,08 _{aA} ± 6,94
IM	158,83 _{cB} ± 1,46	184,96 _{bA} ± 1,07	191,40 _{bC} ± 0,70	230,68 _{aB} ± 11,73
FM	152,17 _{cB} ± 3,03	162,35 _{cA} ± 9,60	197,49 _{bB} ± 0,46	215,18 _{aB} ± 0,71

Letras minúsculas diferentes na mesma linha correspondem a diferenças significativas entre os tratamentos. Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna correspondem a diferenças significativas entre etapas. Nível de significância $p < 0,05$ (Scott Knott).

T1 -tratamento controle sem farinha de bambu

T2- tratamento com 0,85% de farinha de bambu modificada adicionada na mosturação (FBM-M)

T3- tratamento com 0,85% de FBM-M + 5,0% de farinha de bambu nativa adicionada na fervura (FBN-F)

T4- tratamento com 0,85% de FBM-M + 8,5% g FBN-F

Fonte: Autoria própria.

No início da maturação os tratamentos tiveram diminuição nos teores dos compostos fenólicos indicando que durante a fermentação houve sedimentação seja na forma livre ou formando complexos com as proteínas vindas do malte (FREITAS, 2006). Ao final da maturação os teores de compostos fenólicos dos tratamentos T1 e T2 não diferiram entre si ($p > 0,05$), e nos tratamentos T3 e T4 onde houve adição de farinha de bambu nativa observou-se aumento significativo ($p < 0,05$) em relação a T1 e T2.

5.1.4 Claridade

A análise de claridade foi realizada pela determinação da absorbância no comprimento de onda de 600 nm. Na Tabela 5 é possível observar os valores das absorbâncias das amostras no início da fermentação, início da maturação e fim da maturação.

Tabela 5 - Valores de absorvância (600 nm, 25°C) nos tratamentos nas etapas de início da fermentação (IF), início da maturação (IM) e fim da maturação (FM) do processo de elaboração das cervejas

Etapa	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
IF	0,624 _{cB} ± 0,023	1,126 _{bA} ± 0,033	1,368 _{aA} ± 0,049	1,355 _{aA} ± 0,068
IM	1,013 _{aA} ± 0,013	0,512 _{dB} ± 0,014	0,947 _{bB} ± 0,005	0,840 _{cB} ± 0,009
FM	0,070 _{cC} ± 0,006	0,112 _{bC} ± 0,005	0,113 _{bC} ± 0,004	0,260 _{aC} ± 0

Letras minúsculas diferentes na mesma linha correspondem a diferenças significativas entre os tratamentos. Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna correspondem a diferenças significativas entre etapas. Nível de significância $p < 0,05$ (Scott Knott).

T1 -tratamento controle sem farinha de bambu

T2- tratamento com 0,85% de farinha de bambu modificada adicionada na mosturação (FBM-M)

T3- tratamento com 0,85% de FBM-M + 5,0% de farinha de bambu nativa adicionada na fervura (FBN-F)

T4- tratamento com 0,85% de FBM-M + 8,5% g FBN-F

Fonte: Autoria própria.

A turbidez da cerveja é consequência de partículas em suspensão no meio líquido que impedem o trânsito livre da luz. A absorvância é um indicador da claridade do mosto ou cerveja, um menor valor indica maior claridade.

No início da fermentação (IF) o tratamento T1 apresentou o menor valor de absorvância (0,624), com a adição da FBM na mosturação (T2) e com o uso combinado de FBM na mosturação/FBN na fervura (T3 e T4) observou-se aumento da absorvância, sendo maior nos tratamentos T3 e T4. Contribuem na turbidez, partículas como células de leveduras, proteínas de elevado peso molecular, complexos proteínas-compostos fenólicos. Na Tabela 3, observa-se diminuição nos teores de proteínas com a adição da FBM ou da combinação FBM/FBN e também diminuição no teor dos compostos fenólicos totais (Tabela 4), no entanto, paradoxalmente foi verificada diminuição da claridade na etapa IF, sugerindo que algum componente da farinha de bambu (modificada ou nativa) foi retirado da matriz fibrosa do material na mosturação e na fervura, permanecendo em suspensão e provocando aumento da absorvância. A farinha de bambu tem teores de amidos de 6,6 a 16,6% (FELISBERTO *et al.*, 2017); teste de cocção (98,5°C por 60 minutos) provocaram pequeno inchamento da farinha (nativa ou modificada) mostrando que o amido é resistente à gelatinização. Provavelmente, ao não ser gelatinizado na mosturação (T2) não foi hidrolisado pelas amilases do malte e na etapa de fervura sofreu parcial gelatinização permanecendo em suspensão e aumentando a absorvância em relação a tratamento controle T1 puro malte. Esta mesma hipótese

explicaria o aumento da absorvância nos tratamentos T3 e T4 nos quais foi acrescentado farinha de bambu nativa na fervura.

Na etapa início da maturação (IM) o tratamento T1 registrou aumento da absorvância em relação ao início da fermentação fenômeno que pode estar associado a multiplicação das células de leveduras. Por outro lado, nos tratamentos T2, T3, e T4 houve diminuição da absorvância, provavelmente, o amido parcialmente gelatinizado sedimentou e células de leveduras floclaram pela ação da farinha de bambu modificada, verificando-se que o tratamento T2 foi o de menor absorvância (0,512).

Após 14 dias de maturação (FM) o tratamento T1 foi o de maior claridade (0,070 de absorvância, $p < 0,05$), por ser isento de farinha de bambu, considerou-se resultado de clarificação natural pelo efeito do tempo e baixa temperatura. Os tratamentos T2 e T3, que não se diferenciaram entre si ($p > 0,05$) e o T4 resultaram em cervejas menos claras em relação a T1. No entanto, avaliação global dos resultados permitem afirmar que a adição da farinha de bambu modificada mostrou efeito clarificador na etapa de fermentação.

5.2 Avaliação Sensorial

Os resultados da análise sensorial de aceitação e intenção de compra das quatro formulações de cerveja com farinha de bambu modificada (FBM) e/ ou farinha de bambu *in natura* (FBN) podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 5 - Resultados do teste de aceitação e intenção de compra

	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Sabor	6,24 _a ± 1,85	6,43 _a ± 1,95	6,07 _a ± 2,58	5,39 _a ± 2,36
Odor	6,66 _a ± 1,76	6,45 _a ± 2,00	6,64 _a ± 1,73	6,54 _a ± 1,71
Cor	6,85 _a ± 1,91	6,78 _a ± 1,89	6,76 _a ± 1,95	6,85 _a ± 1,62
Intenção de Compra	3,34 _a ± 1,05	3,45 _a ± 1,18	3,62 _a ± 1,33	3,07 _a ± 1,26

Letras iguais na mesma linha indicam que não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Nível de significância $p < 0,05$ (Scott Knott).

T1 -tratamento controle sem farinha de bambu

T2- tratamento com 0,85% de farinha de bambu modificada adicionada na mosturação (FBM-M)

T3- tratamento com 0,85% de FBM-M + 5,0% de farinha de bambu nativa adicionada na fervura (FBN-F)

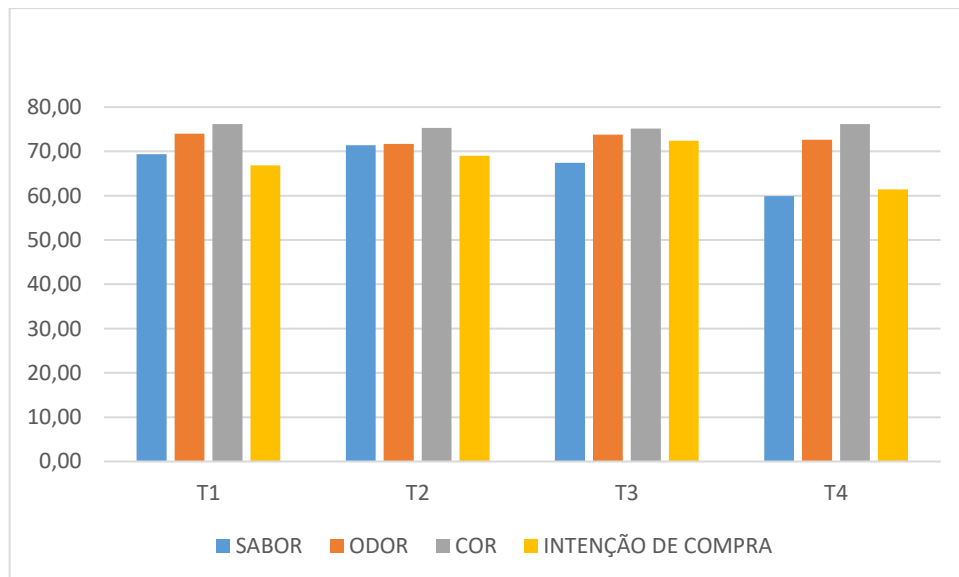
T4- tratamento com 0,85% de FBM-M + 8,5% g FBN-F

Fonte: Autoria própria

As médias das notas obtidas na avaliação sensorial das cervejas T1, T2, T3 e T4 não apresentaram diferenças estatísticas ($p>0,05$) nos atributos sabor, odor e cor. Segundo o painel de avaliação a adição de farinha de bambu não melhorou ou prejudicou os atributos avaliados. Quanto a intenção de compra não foi observada diferença significativa ($p>0,05$) entre todos os tratamentos, qualitativamente entre as opiniões “talvez comprasse/talvez não comprasse” e “possivelmente compraria”.

Gráfico 1 estão apresentados os índices de aceitabilidade (IA) das cervejas. Segundo Minim (2006), para que um produto seja considerado como aceito em termos de suas propriedades sensoriais é necessário que esse índice (IA) seja no mínimo 70%. A cerveja T2 teve os atributos sabor, odor e cor com IA acima de 70%, respectivamente de 71,39, 71,67 e 75,28%; a cerveja T3 dois (odor-73,81%, cor-75,135) e a cerveja T1 dois atributos (odor-73,98%, cor-76,15%). A cerveja T4 apesar de ter IA superior a 70% nos atributos odor (76,63%) e cor (76,15%) teve IA no atributo sabor de 59,89%, o menor valor nessa categoria.

Gráfico 1 - Índice de aceitabilidade das cervejas



T1 -tratamento controle sem farinha de bambu

T2- tratamento com 0,85% de farinha de bambu modificada adicionada na mosturação (FBM-M)

T3- tratamento com 0,85% de FBM-M + 5,0% de farinha de bambu nativa adicionada na fervura (FBN-F)

T4- tratamento com 0,85% de FBM-M + 8,5% g FBN-F

Fonte: Autoria própria.

A cerveja T2 que teve os atributos sabor, odor e cor, com IA acima de 70% e percentual de intenção de compra de 69,00%, e as cervejas T3 e T1 com índices de 72,38 e 66,83%, respectivamente. O menor índice na intenção de compra foi o da cerveja T4 (61,46%) provavelmente influenciado pelo baixo desempenho do atributo sabor (59,89%).

Uma avaliação qualitativa dos resultados da avaliação sensorial, dos índices de aceitabilidade dos três atributos e da intenção de compra permitem afirmar que as cervejas T2 e T3 tiveram desempenhos similares a cerveja controle, puro malte T1. Porém, como a cerveja T2 teve os três atributos com índices de aceitabilidades acima de 70% foi a mais consistente, estimula o uso de farinha bambu modificada com ácido cítrico na fabricação de cerveja, que também mostrou efeito clarificador na etapa de fermentação.

6 CONCLUSÃO

O uso do ácido cítrico na esterificação da farinha de bambu modificada na etapa de mosturação, fez com que essa tornasse o pH do mosto ideal (5,1 a 5,5) para atividade das enzimas amilolíticas e proteolíticas.

A farinha de bambu modificada com ácido cítrico, adicionada na mosturação, foi capaz de reduzir o teor de proteína unicamente na etapa da fermentação e que adição da farinha de bambu nativa na etapa da fervura não contribuiu na redução desse indicador.

A farinha nativa de bambu que naturalmente apresenta compostos fenólicos em sua composição, contribuiu para um aumento dos compostos fenólicos totais nas cervejas obtidas dos tratamentos T3 e T4, contendo respectivamente 5,0 e 8,5% de farinha em relação ao malte, quando comparado com a cerveja controle obtida do tratamento T1.

Os valores de absorbância indicam a farinha de bambu modificada com ácido cítrico apresentou efeito clarificador unicamente na etapa da fermentação, no entanto as cervejas finais contendo farinha de bambu foram menos claras que a cerveja controle puro malte.

Avaliado os atributos sensoriais sabor, odor e cor e intenção de compra os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas ($p > 0,05$), assim a adição de farinha de bambu não melhorou ou prejudicou os atributos avaliados. Apesar disso, o índice de aceitabilidade (IA) nos mostrou que a cerveja com adição da FBM (0,85% em relação ao malte) na mosturação (T2) teve três atributos com índices de aceitabilidades acima de 70%, índice necessário para que um produto seja aceito, sendo assim, a mais consistente.

REFERÊNCIAS

- AKIRA, A.; SAKUMA, A. C.; DAMBISKI, L.; MORETTI, T. V. **Dossiê técnico-bambu**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 2007.
- AMBEV – **Companhia de Bebidas das Américas**. 2007. Disponível em: <http://www.ambev.com.br>. Acesso em: 08 ago. 2019.
- AMERINE, M.A., OUGH, C.S. **Análisis de vinos y mostos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1976.
- AQUARONE, E. BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U.A.; **Biotecnologia Industrial - Biotecnologia na Produção de Alimentos**. 1ed. v. 4. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
- BAMFORTH, C.W. **Brewing: New technologies**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2006.
- 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.
- BRASIL. **Lei nº 12.484 de 8 de setembro de 2011**. Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu. (DOU), D. O. D. U. Brasília/DF: Imprensa Nacional, 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Instrução Normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019**. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria.
- CAZAL, C. de M.. **Methods of carboxyl and carbonyl groups quantification in pulp of bleached kraft cellulose**. 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica analítica; Agroquímica inorgânica e Físico-química; Agroquímica orgânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. Disponível em: http://www.eucalyptus.com.br/icep03/09_Cazal_Barbosa_Maltha_Colodette_Reis_Mendonca.pdf. Acesso em: 18 mai. 2019.
- COMPTON, S. J.; JONES, C. G.; Mechanism of dye response and interference in the Bradford protein assay. **Analytical Biochemistry**. 151, 369-374. 1985.
- CHAOWANA, P. Bamboo: an alternative raw material for wood and wood-based composites. **Journal of Materials Science Research**, v. 2, n. 2, p. 1–13, 2013.
- DALE C.J., TRAN H, LYDDIATT A. Carrageenan mediated clarification of dialysed wort systems. **Journal of the Institute of Brewing**, v.102, p. 343–348, 1996.

DEVOLLI, A.; DARA, F.; STAFASANI, M.; SHAHINASI, E.; KODRA, M., The influence of protein content on beer quality and colloidal stability. **International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research**, v. 2, n. 4, p. 391-407, 2018.

ESSLINGER, H. M. **Handbook of brewing: Processes, Technology e Markets**. Weinheim: Wiley-vch, 2009.

EUMANN, M. Water in brewing. In: BAMFORTH, C.W. **Brewing: New technologies**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2006. p. 183-207.

EVANGELISTA, R. R. **Análise do processo de fabricação industrial de cerveja**. 2012. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Tecnologia em Biocombustíveis. Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2012.

FELISBERTO, M. H.; BERARDO, A. L.; CLERICI, M. T. P. S. Young bamboo culm flour of *Dendrocalamus asper*: technological properties for food applications. **LWT-Food Science and Technology**, v. 76, part B, p. 230 - 235.

FREITAS, G. L. **Potencial antioxidante e compostos fenólicos na cerveja, chopp, cevada (*Hordeum vulgare* L.) e no bagaço de brassagem**. 2006. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC.

GRAAF, R. A.; BROEKROELOEFS, A.; JANSSEN, P.B.M. **The Acetylation of Starch by Reactive Extrusion**. *Starch*, v. 50, n. 5, p.198-280, 1998.

HARDWICK, W.A. **Handbook of brewing**. New York: Dekker, 1995. 713p

HOFFMANN, F. L. Fatores limitantes à proliferação de micro-organismos em alimentos. **Brasil Alimentos**, n. 9, Jul./Ago. 2001. Disponível em: <http://www.signuseditora.com.br/BA/pdf/09/09%20-%20Higiene.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.

HOME BREW BEER SUPPLIES. **Brewshop Limited Brewshop is proudly New Zealand owned and operated**. 2020. Disponível em: <https://www.brewshop.co.nz/blog/ph/>. Acesso em: 10 ago. 2020.

HONG, L.; FANG, L. Changes in Organic Acids During Beer Fermentation. China National Research Institute of Food and Fermentation Industries. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 73, n.3, p. 275-279, 2015

INBAR. **International Trade of Bamboo and Rattan**. Beijing, China. 2012.

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO. **Bamboo pale Ale beer from modern craft brewery**. Science Daily, 2014. Disponível em: www.sciencedaily.com/releases/2014/08/140814021458.htm. Acesso em: 20 mai. 2019.

KESKI-SAARI S, OSSISOV V, JULKUNEN-TIITTO R *et al.* Phenolics from the culms of five bamboo species in the Tangjiahe and Wolong Giant Panda Reserves, Sichuan, China. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 36, n. 10. p. 758–65. 2008.

LIESE, W.; KOHL, M. **Bamboo - The Plant and its Uses**. 1 ed. Alemanha, Springer International Publishing, 2015. 356p.

MARCUSSO, C.V., MULLER, E. F. **A cerveja no Brasil: o ministério da agricultura informando e esclarecendo**. MAPA – Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoesDIPOV/a-cerveja-no-brasil-28-08.pdf> Acesso em: 15 mai. 2019.

MATOS, R. A. G. **Cerveja: Panorama do Mercado, Produção Artesanal, e Avaliação de Aceitação e Preferência**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Agronomia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

MEGA, J.F; NEVES, E.; ANDRADE, C.J. A produção da cerveja no Brasil. **Revista Citino**, v. 1, n. 1, p. 34-42, 2011.

MINIM, V. R. **Análise Sensorial estudo com consumidores**. Viçosa, Editora da UFV, 2006. 225p.

MIYAKE, P. S. E. ; FELISBERTO, M. H. F. ; CLERICI, M. T. P. S. ; BERALDO, A. L. Caracterização físico-química e tecnológica da farinha de colmo jovem de 3 variedades de bambus: *Dendrocalamus asper*, *bambusa tuldoides* e *bambusa vulgaris*. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2016, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: UFRGS, 2016. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctarseventos/xxvcbcta/anais/files/824.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2019.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. 1ed. Gráfica Araguaia: São Paulo, 2011.

OLIVEIRA, M. D., FABER, C. R., PLATA-OVIEDO, M. S. V. A erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) como substituto parcial do lúpulo amargor na fabricação de cerveja artesanal. **Brazilian Journal of Food Research**, vol. 8, n°4, 2017.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. 2. Bauru/SP: Canal 6, 2016.

PORTO, P. D. de. **Tecnologia de fabricação de malte: uma revisão**. 2011. 58 f. Monografia (Engenharia de Alimentos) – Departamento Acadêmico de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

REINOLD, M. R. **Manual prático de cervejaria**. São Paulo: Aden Editora, 1997.

SACHS, L. G. **Cerveja**. Fundação Faculdades "Luiz Meneghel": Bandeirantes – PR, 2001.

SANTOS, J.I; DINBAM, R; ADAMES, C. **O essencial em cervejas e destilados**. 2ª ed. rev. e amp. - São Paulo: Editora Senac, 2013.

SILVA, R. M. de C. e. **O bambu no Brasil e no mundo**. Goiânia: Embambu, 2005. Disponível em: http://www.embambu.com.br/imagens/bambu_brasil.pdf. Acesso em 25 abr. 2019.

STEINER, E., GASTL, M.; BECKER, T. Protein changes during malting and brewing with focus on haze and foam formation: A review. **Eur. Food Res. Technol.**, 232(2), 191-204, 2011.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. V. 1. São Paulo: Editora Blucher, 2010.

WING, R. W., Corn fiber citrate: preparation and ion-exchange properties. **Industrial Crops and Products**, v. 5, n. 5, p. 301-305, 1996.

ZUPPARDO, B. **Uso da goma Oenogum para a estabilização coloidal e de espuma em cerveja**. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba –SP, 2010.