

Produção e avaliação físico-química de uma cerveja artesanal puro malte com adição de extratos de *Syzygium aromaticum* e *Cinnamomum zeylanicum*

Production and physicochemical evaluation of a pure malt craft beer with the addition of Extracts of *Syzygium aromaticum* and *Cinnamomum zeylanicum*

Producción y evaluación físicoquímica de una cerveza artesanal de malta pura con la adición de extractos de *Syzygium aromaticum* y *Cinnamomum zeylanicum*

Recebido: 01/07/2020 | Revisado: 06/07/2020 | Aceito: 18/07/2020 | Publicado: 01/08/2020

Jaqueline Santos Mesquita

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5280-8915>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: mesquitajaqueline022@gmail.com

Janyne Palheta Ramos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2118-5871>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: janynepramos@msn.com

Gustavo Oliveira Everton

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0457-914X>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: gustavooliveiraeverton@gmail.com

Victor Elias Mouchrek Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2855-7292>

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: victor.mouchrek@ufma.br

Silvio Carlos Coêlho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0854-7783>

Instituto Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: scarlos.coelho@gmail.com

Resumo

Este trabalho produziu uma cerveja artesanal puro malte seguindo as características do estilo *German Pilsen* com de adição dos extratos de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) e *Cinnamomum zeylanicum* (canela) a formulação da bebida produzida. Para produção da

bebida fez-se uso dos processos de moagem do malte, mosturação, clarificação, fervura, resfriamento, fermentação, maturação, carbonatação e envase. De acordo com os resultados, a cerveja foi classificada segundo a legislação em função das características da fermentação e do produto acabado e, ao avaliarmos os parâmetros extrato primitivo, observa-se que o resultado de 12,21 pode ser classificado como cerveja extra ($EP \geq 12\%$ e $\leq 14\%$); o álcool em volume (%v/v), o qual obteve-se resultado de 5,2, foi classificada como cerveja de alto teor alcoólico, e que se enquadra dentro do limite do estilo *German Pilsen*, 4,4 a 5,2%. Em relação ao amargor, o valor de 17,82 está abaixo da faixa limite especificado pelo Beer Judge Certification Program – BJCP, porém dentro da faixa de uma *Belgian Blonde Ale* (IBU entre 15 e 30). A elaboração da cerveja utilizando ingredientes diferenciados acrescentaram atributos característicos ao produto. Com isso, o desenvolvimento desses produtos com sabores e aromas variados vem ao encontro das necessidades atuais do consumidor.

Palavras-chave: Cerveja; Extratos; Bebidas.

Abstract

This work produced a pure malt craft beer following the characteristics of the German Pilsen style with the addition of the extracts of *Syzygium aromaticum* (clove) and *Cinnamomum zeylanicum* (cinnamon) the formulation of the produced beverage. For the production of the beverage, the processes of malt grinding, showing, clarification, boiling, cooling, fermentation, maturation, carbonation and fill were used. According to the results, the beer was classified according to the legislation according to the characteristics of the fermentation and the finished product and, when evaluating the parameters primitive extract, it was observed that the result of 12.21 can be classified as extra beer ($EP \geq 12\%$ and $\leq 14\%$); alcohol in volume (%v/v), which obtained a result of 5.2, was classified as beer of high alcohol content, and that falls within the limit of the German Pilsen style, 4.4 to 5.2%. Regarding bitterness, the value of 17.82 is below the limit range specified by the Beer Judge Certification Program – BJCP, but within the range of a Belgian Blonde Ale (IBU between 15 and 30). The preparation of beer using differentiated ingredients added characteristic attributes to the product. With this, the development of these products with varied flavors and aromas meets the current needs of the consumer.

Keywords: Beer; Extracts; Drinks.

Resumen

Este trabajo produjo una cerveza artesanal de malta pura siguiendo las características del estilo *Pilsen Alemán* con la adición de los extractos de *Syzygium aromaticum* (clove) y *Cinnamomum zeylanicum* (canela) a la formulación de la bebida producida. Para la producción de la bebida, se utilizaron los procesos de molienda de malta, demostración, clarificación, ebullición, enfriamiento, fermentación, maduración, carbonatación y llenado. Según los resultados, la cerveza se clasificó de acuerdo con la legislación de acuerdo con las características de fermentación y el producto terminado y, al evaluar los parámetros del extracto primitivo, se observa que el resultado de 12,21 puede clasificarse como cerveza extra (PE 12% y 14%); alcohol en volumen (%v/v), que se obtuvo como resultado de 5,2, se clasificó como cerveza de alto contenido alcohólico, y que se encuentra dentro del límite del estilo *Pilsenalemán*, 4,4 a 5,2%. En cuanto a la amargura, el valor de 17,82 está por debajo del rango límite especificado por el Programa de Certificación de Juez de Cerveza – BJCP, pero dentro del rango de una Cerveza Rubia Belga *Belgian Blonde Ale* (IBU entre 15 y 30). La preparación de cerveza utilizando ingredientes diferenciados añadió atributos característicos al producto. Con ello, el desarrollo de estos productos con sabores y aromas variados satisface las necesidades actuales de los consumidores.

Palabras clave: Cerveza; Extractos; Bebidas.

1. Introdução

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no mundo, estando presente na alimentação humana desde 8000 a.C. Têm grande aceitação popular devido aos seus atributos sensoriais, junto com seus benefícios a saúde, valor nutritivo e diversidade de apresentação (Bamforth, 2009). É definida pela legislação brasileira como sendo a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo de malte de cevada e água potável, por ação de levedura, com adição de lúpulo (Brasil, 2009).

A cerveja especial ou artesanal é uma categoria que abriga as cervejas de qualidade superior e de alto valor agregado. Em geral, estas utilizam receitas ou processos de fabricação diferentes das de fabricação em larga escala. Caracterizam-se por serem feitas com alguma diferenciação quando comparada com as cervejas industriais mais populares, sendo produzidas em pequena escala, por um processo de fermentação relativamente lento (Murray, 2012).

A cerveja artesanal tem a capacidade de aliar um produto de alta qualidade voltado para um público cada vez mais rigoroso com suas escolhas de consumo, uma vez que a qualidade é o critério de maior importância na avaliação do consumidor para compra de cervejas diferenciadas (Deliberalli, 2005).

O mercado brasileiro de cervejas tem ganhado destaque na última década, se fixando entre os quatro maiores do mundo, juntamente com China, Estados Unidos e Alemanha. A cerveja tipo Pilsen é líder absoluta de preferência entre o consumidor brasileiro, correspondendo a 98% do total consumido (Brasil, 2016).

As especiarias são tradicionalmente utilizadas para agregar sabor ou aroma aos alimentos e bebidas. A canela é uma das mais conhecidas e utilizadas, sendo reconhecida por possuir diversas propriedades benéficas à saúde, dentre elas a atividade antimicrobiana, antioxidante, anti-inflamatória e sobre o controle glicêmico. Vários relatos abordaram as numerosas propriedades da canela nas formas de casca, óleos essenciais, casca em pó e compostos fenólicos, e cada uma dessas propriedades pode desempenhar um papel fundamental na saúde humana. Ao observar todos os benefícios que a canela pode trazer à saúde, associado ao seu sabor e aroma agradável, é interessante introduzi-la na alimentação. Ela pode ser consumida na forma de chá, aromatizante de bebidas ou salpicá-la em cima de frutas (CNF,2017).

Assim com a canela, outra especiaria muito interessante para estudos acadêmicos, é o cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), que é uma gema floral seca, e vem sendo usado principalmente como condimento na culinária, devido ao seu marcante aroma e sabor, conferido por um composto fenólico volátil, o eugenol (Gracie, 2019). Sua composição química é constituída principalmente por eugenol, acetato de eugenol, betacariofileno, ácido oleânico, e substâncias das classes: triterpeno, ceras vegetais, cetonas, resinas, taninos e esteróis. O eugenol apresenta efeito anti-inflamatório, cicatrizante, analgésico e é eficaz no combate e diminuição de bactérias presentes na boca. Seus efeitos medicinais compreendem o tratamento de náuseas, flatulências, indigestão, diarreia. Com propriedades antibactericidas é também usado como anestésico e antisséptico para o alívio de dores de dente (Nascimento, 2000).

Em virtude da globalização o que tange as bebidas alcólicas, e a preocupação e interesse dos consumidores em apreciarem tipos variados deste produto, utilizando-se de fórmula especificada no “guia de estilos de cervejas BJCP 2015”, em que o objetivo é a obtenção de uma cerveja artesanal que apresente características peculiares dos extratos das especiarias adicionadas durante o processo de produção, visando disponibilizar ao banco de

dados novas fórmulas que atendam aos interesses de micro cervejeiros que estão cada vez mais inseridos neste ramo. Assim, os diversos tipos de cerveja existentes estão mais acessíveis, e os fabricantes são estimulados a produzir e disponibilizar inúmeras variações da bebida no mercado, buscando atender esse novo desejo do consumidor⁵. Portanto, este estudo teve por objetivo a produção de uma cerveja artesanal, estabelecendo uma formulação seguindo os parâmetros adaptados de uma cerveja German Pilsen recebendo de forma inédita a adição de extratos hidroalcoólicos de *Syzygium aromaticum* e *Cinnamomum zeylanicum*, avaliando a qualidade da cerveja artesanal produzida por meio dos parâmetros físicos químicos e comparando-os com os especificados pela legislação vigente (Brasil, 2009)..

2. Metodologia

Foi padronizada a formulação da cerveja que teve como intuito seguir o estilo de uma German Pilsen e foram também realizados o preparo e o controle físico-químico da cerveja elaborada. As metodologias e técnicas empregadas nos procedimentos tiveram como base o Manual de Métodos Químicos e Físico-químicos para análises de alimentos do Instituto Adolf Lutz (2008) usando como parâmetros as respectivas instruções normativas e decretos dos ingredientes analisados.

A cerveja foi elaborada utilizando 26 L de água mineral, malte pilsen 5 kg, lúpulo de amargor (Magnum) 15,23 g, lúpulo de aroma (Tradition) 15,23 g, levedura Yeast – M15-Empire Ale 11,5 g, para volume de 20 litros. A cerveja estilo German Pilsen possui as características apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Característica da cerveja estilo *German Pilsen*.

Parâmetros	Dados do Estilo
IBU (Amargor)	25 – 45
SRM (Cor - referência americana)	2 – 5
ABV (Teor alcoólico)	4,4 – 5,2
OG (Densidade inicial)	1,044 – 1,050
FG (Densidade final)	1,008 – 1,013

Fonte: Beer Judge Certification Program-BJCP

Foram utilizados 14 litros de água no processo de brassagem, sendo que 4 litros previstos por serem absorvidos pelos grãos e 2 litros previstos pela evaporação durante a

fervura. Para lavagem dos grãos foram utilizados 12 litros de água e 22 litros para iniciar a fervura, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Cálculo da água de processo.

Água	Volume (l)
Volume inicial da água (VIA)	14
Volume da água absorvido pelos grãos (VAAG)	4
Volume da água evaporado na fervura (VAEF)	2
Volume da água na lavagem dos grãos (VALG)	12
Volume inicial da fervura (VIF)	22

Fonte: Autores.

2.1. Moagem

Pesou-se 5 kg do malte de cevada. O malte foi moído de forma artesanal utilizando o moedor manual para expor o endosperma amiláceo a ação enzimática e utilizar as cascas do malte na filtração do mosto (Figura 1).

Figura 1. Malte após o processo de moagem.



Fonte: Autores.

A moagem e a determinação da eficiência da moagem, seguiu-se a metodologia da microcervejaria DRAGON. Realizou-se o peso do malte e da eficiência da moagem conforme as Equações. 1 e 2.

Eq. 1:

$$PTM = 5 \times V_{\text{cerveja}} (\text{L}) \times [\text{OG} - \text{SG}]$$

Onde: V_{cerveja} : Volume da Cerveja; OG: Densidade Inicial; FG: Densidade Final; SG (densidade original) = $1 + \sum K_1 \times (M_{\text{adjuntos}} / V_{\text{mosto}})$.

Eq. 2:

$$\text{Eficiência da Moagem} = \frac{\text{Massa do malte moído (g)}}{\text{Massa do malte em grão (g)}}$$

A cor potencial foi obtida através da Tabela 3 de equivalência de malte do fornecedor (INDUPROPRIAL).

Tabela 3. Determinação da cor cerveja.

Malte	Porcentagem (%)	Peso (kg)	Cor (EBC)	Cor Potencial (°L/Kg/Litro)
Pilsen	100	1,9	4	$4 \times 4,24 = 8,056$
Total	100	1,9	-	-

Fonte: Autores.

O resultado da cor potencial (Equação 3) foi de 16,96 e a cor inicial (Equação 4) (EBC), que foi corrigida para (SRM) = 9 através do gráfico de Daniels (Dias, 2016).

Eq. 3:

$$\text{Cor potencial (°L/kg/L)} = 4,24 \times \text{Cor (EBC)}$$

Eq. 4:

$$\text{Cor inicial} = \frac{\sum \text{Pesos dos Maltes} \times \text{Cor Potencial}}{\text{volume de Cerveja (L)}}$$

2.2. *Brassagem*

Colocou-se 14 litros de água a uma temperatura de 50 °C durante 30 minutos e em seguida foi adicionado todo o malte moído ajustando a temperatura para 65 °C (Figura 2).

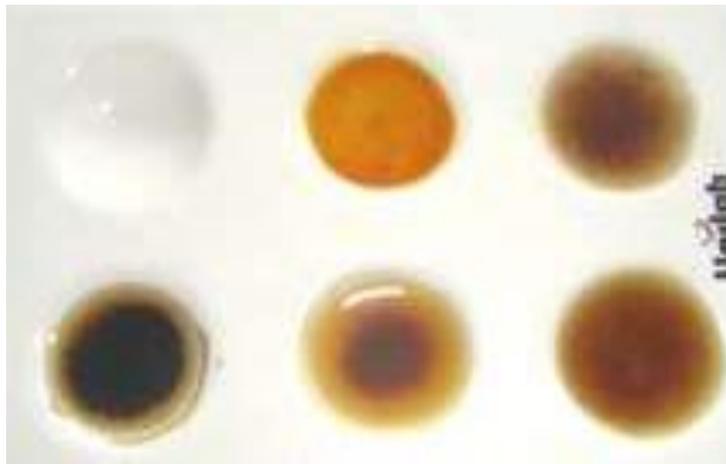
Figura 2. Processo de brasagem.



Fonte: Autores.

Essa etapa objetivou solubilizar as substâncias do malte em água, promover a goma ou pasta e hidrolisar o amido transformando-o em açúcar. Elevou-se a temperatura para 65 °C por 40 minutos, após esse tempo elevou-se novamente a temperatura para 72 °C por 20 minutos. Para a inativação das enzimas elevou-se a temperatura para 78 °C durante 10 minutos. De 30 em 30 minutos mediu-se a densidade, o °Brix e realizou-se o teste de iodo a fim de verificar a sacarificação do malte (Figura 3).

Figura 3. Teste de sacarificação.



Fonte: Autores.

2.3. Recirculação, lavagem dos grãos e filtração

Após os 90 minutos do processo de brassagem o mosto foi recirculado, coletando-se o líquido da parte inferior da panela e adicionado sobre superfície dos grãos para clarificar o

mesmo (Figura 4) por um tempo de 10 minutos com o fogo desligado e deixando o mesmo menos turvo possível (Figura 5). Depois de recolhido o mosto clarificado e filtrado transferiu-o para outro recipiente realizando-se a lavagem dos grãos (Sparge), através de uma colher de metal perfurada com 12,445 litros de água a uma temperatura variando entre 75-77 °C para extração dos açúcares residuais até completar o volume inicial de fervura de 22 litros de mosto.

Figura 4. Processo de recirculação, lavagem e filtração dos grãos.



Fonte: Autores.

Figura 5. Mosto clarificado.



Fonte: Autores.

2.4. *Fervura*

Após a filtração, o mosto foi submetido à 1 hora de fervura (Figura 6), adicionando-se 15,23 g do lúpulo de amargor Magnum no início da fervura e 15,23 g do lúpulo de aroma Tradition a 15 minutos do final (Equação 5, Tabela 4).

Figura 6. Mosto submetido ao processo de fervura.



Fonte: Autores.

Eq. 5:

$$\text{Peso do Lúpulo (PL)} = 2,5 \times \sum \alpha \text{ AA\%} + \sum \beta \text{ AA\%} / 100$$

Tabela 4. Cálculo do peso do lúpulo e o amargor em IBU.

Porcentagem	Lúpulo	α – ácido	β – ácido	Peso (g)	Tempo
50%	Magnum	10 – 14 %	4,5 – 7 %	15,23	60 minutos
50%	Tradition	3,5 – 7%	3 – 6 %	15,23	15 minutos

Fonte: Autores.

A verificação do amargor em IBU foi calculada pela fórmula de Ranger (Equação 6) (Dias, 2016).

Eq. 6:

$$\text{IBU} = \frac{0,1 * \text{Fator de utilização} * \text{AA\%} * \text{Massa do lúpulo}}{\text{volume (L)} * C_1}$$

Onde: C_1 = Fator de ponderação em função da densidade original (OG); AA% = Ácidos alfa característicos de cada lúpulo (Tabela disponibilizada pelo fornecedor); V = Volume cerveja produzido em litros.

A taxa de evaporação horária e total foi calculada com base na Equação 7.

Eq. 7:

$$\text{Taxa de evaporação horária e total (TE\%/h)} = \frac{(\text{volume inicial} - \text{volume final}) \times 60 \times 100}{\text{volume inicial} \times \text{tempo (min)}}$$

Onde: volume Inicial = volume da caldeira cheia; volume final = volume de apronte; tempo (min.) = tempo de fervura.

O rendimento prático foi calculado com base na Eq. 8.

Eq. 8:

$$\text{Rendimento prático (\%)} = \frac{\text{Vol(hl)} \times 0,96 \times \text{Extrato} \left(\frac{\text{kg}}{\text{hl}} \right) \times 100}{\text{Total de materia prima (kg)}}$$

Onde: Vol (hl) = volume de preparo; Extrato (kg/hl) = extrato em grau Plato (°P); 0,96 = taxa de compensação; Obs: Em termos de processo cervejeiro atualmente o rendimento varia em torno de 70 – 75%.

2.5. Resfriamento e aeração do mosto

Após a o processo de fervura introduziu-se o Chiller de imersão no mosto quente e fez o whirlpool (vórtex no fundo da panela) e conectou-se a água da torneira (Figura 7).

Figura 7. Introdução do chiller de imersão ao mosto quente.



Fonte: Autores.

Quando a temperatura atingiu próximo de 30 a 35 °C, colocou-se a panela no banho de gelo para que a mesma ficasse entre 15 - 22 °C (Figura 8); temperatura ideal para a fermentação da levedura. Em seguida retirou-se o mosto resfriado passando para o fermentador, a fim de fazer a separação do trub (sedimento). Depois com uma colher de polietileno esterilizada, aerou-se o mosto durante 5 minutos (dosagem de oxigênio entre 7 – 9 mg. L⁻¹).

Figura 8. Resfriamento em banho de gelo.



Fonte: Autores.

2.6. Fermentação

Foi transferido todo o mosto resfriado e clarificado para o balde fermentador com cuidado de não levar resíduo no fundo da panela. A levedura (Yeast – M15 – Empire Ale), utilizada, foi hidratada com 100 mL de água destilada estéril, e em seguida, foi inoculada no balde fermentador com sistema de airlock deixando-a fermentar a uma temperatura regulada por um termostato a 20 °C por um período de 10 dias. O procedimento experimental descrito pode ser observado na Figura 9.

Figura 9. Fermentação (a) hidratação da levedura (b) inoculação da levedura (c) fermentador com o sistema de airlock.



Fonte: Autores.

2.7. *Maturação*

No processo de maturação o mosto fermentado permaneceu no mesmo fermentador, onde foi feita a diminuição da temperatura para 3 °C por 10 dias. A partir do terceiro dia foram injetados os extratos de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) e *Cinnamomum zeylanicum* (canela).

A temperatura foi mantida constante com o objetivo de clarificar a cerveja. Além de inativar totalmente a levedura e decantá-la para o fundo do fermentador aumentando a clarificação tornando-a mais límpida.

2.8. *Preparo dos extratos*

Foram preparadas duas soluções, a primeira com 10g de canela em pó para 150mL de água e outra solução de 1g de cravo da índia para 150 mL de água destilada. Ambas foram submetidas a aquecimento na chapa aquecedora até início da fervura e deixou-se ferver por 5 minutos. Os extratos foram filtrados e injetados na cerveja.

2.9. *Priming*

Para realização do Priming fez-se uma solução de água com açúcar refinado na proporção de 200 g para 300 mL de água aquecendo até a dissolução e ebulição durante 5 minutos (Figura 10).

Figura 10. Preparo do açúcar invertido.



Fonte: Autores.

A partir dessa solução foi retirado 6,3 mL para cada garrafa de 600 mL. O cálculo para o Priming foi feito segundo a fórmula de Dias (Equação 9) (Dias, 2016).

Eq. 9:

$$Q_p = R \times [\text{Vol. de CO}_2 - \text{Vol. de CO}_2 \text{ Residual}] \times V(\text{L}) \text{ ou } (\text{g})\text{cerveja}$$

Onde: Q_p = Peso do Priming em gramas para referida carbonatação; Vol. de CO_2 = volume de dióxido de carbono necessário conforme o estilo de cerveja (2.6); Vol. de CO_2 Residual = volume de dióxido de carbono produzido na fermentação da cerveja e ainda impregnado na mesma. (0,85); R = uma constante referente ao açúcar de cana (4); V = Volume de cerveja produzida em litros.

2.10. Envase

Para o envase foram utilizadas garrafas de vidro de 600 mL, e tampas metálicas, onde foram colocados em álcool 70° para prevenir contaminação da cerveja e para a fixação das tampas nas garrafas foi utilizado o arrolhador metálico.

Figura 11. Envase (a) higienização das garrafas de vidro (b) fixação das tampas metálicas após preenchimento das garrafas (c) cerveja envasada.



Fonte: Autores.

2.11. Controle de qualidade da cerveja

Para a realização das análises do controle de qualidade da cerveja fez-se uso da metodologia e tabelas preconizadas pelo Manual de Métodos Químicos e Físico-Químicos para Análises de Alimentos do Instituto Adolf Lutz – IAL (2008)¹⁰. Os parâmetros analisados foram: densidade relativa, teor alcoólico em volume (%v/v), teor alcoólico em massa (%m/m), extrato real (%m/m), extrato aparente (%m/m), extrato original (%m/m), Ph, amargor (UA), turbidez (EBC), cor (EBC), acidez total (%v/v) e valor calórico (cal). Os parâmetros físico-químicos foram comparados a legislação vigente⁵.

2.12. Determinação de Ph

Para a medição do Ph, foi necessário descarbonatar previamente a amostra. Mediu-se 50 ML da amostra em um béquer e realizou-se posterior leitura no pHmetro de marca Onda Científica – mod, TCP – 01, no qual foi inserido o eletrodo de vidro combinado na amostra, anotando o resultado da leitura.

2.13. Determinação de Turbidez

Mediu-se 10 mL da amostra, colocando-a na cubeta do turbidímetro (da marca Technal), previamente calibrado, para a leitura direta. Em seguida foi transformado o resultado da unidade NTU para EBC (Convenção dos cervejeiros europeus), 1 NTU = 0,25 EBC.

2.14. Determinação de Cor

Mediu-se 10 mL da amostra descarbonatada colocando-a na cubeta de quartzo do espectrofotômetro à 400 nm (Equação 10-11). Em seguida foi acertado o zero da absorbância com água destilada, lavada a cubeta, enchida com a amostra e feita a leitura da absorbância em triplicata.

Eq. 10:

Coloração EBC = $A_{430} \times f \times 25$ (para cervejas escuras)

Onde: f= fator de diluição; A_{430} = Absorbância a 430 nm. Para transformar em SRM: SRM = EBC x 0,508; EBC = SRM x 1,97.

Eq. 11:

Coloração EBC = $A_{430} \times 25$ (para cervejas claras)

Onde: f= fator de diluição; A_{430} = Absorbância a 430 nm. Para transformar em SRM: SRM = EBC x 0,508; EBC = SRM x 1,97.

2.15. Acidez Total Titulável

Foi transferido com o auxílio de uma pipeta volumétrica, 10 mL da amostra descarbonatada para Erlenmeyer de 250 mL. Em seguida foi adicionado 50 mL de água destilada neutralizada e quente, adicionado 3 gotas de fenolftaleína a 1% e titulado com a solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N padronizada, até a mudança de coloração roxo-violeta (róseo). A acidez total foi calculada com base na Equação 12.

Eq. 12:

$$\text{Acidez Total } \left(\% \frac{V}{V} \right) = \frac{V_t \cdot f_c \cdot 10}{A}$$

Onde: V_t = Volume Titulado; f_c = Fator de correção do NaOH à 0,1 N; A= Volume da amostra.

2.16. *Densidade relativa a 20 °C/20 °C com picnômetro*

Lavou-se o picnômetro com álcool e enxaguou-se posteriormente com éter, deixando-o secar naturalmente. Em seguida pesou-se a vidraria vazia e anotou-se o peso obtido; em seguida ele foi preenchido com água destilada a 20 °C e verificou-se o seu peso (Equação 13). Lavou-se e secou-se o picnômetro, procedendo da mesma forma com a amostra descarbonatada.

Eq. 13:

$$\text{Densidade Relativa à } 20^{\circ} \text{C} = \frac{M_{\text{am}} - M_{\text{p}}}{M_{\text{H}_2\text{O}} - M_{\text{p}}}$$

Onde: M_{am} = Massa (g) do picnômetro com a mostra; $M_{\text{H}_2\text{O}}$ = Massa (g) do picnômetro com água; M_{p} = Massa em grama do picnômetro (g) vazio.

2.17. *Determinação de Extrato Real*

Transferiu-se 20 mL da amostra descarbonatada para uma cápsula de porcelana previamente aquecida em estufa a 105 °C por 1 h. Resfriou-se em dessecador e pesou-se. Foi aquecida a amostra em banho-maria até a secagem. Em seguida levou-se a cápsula de porcelana contendo a amostra para a estufa a 105 °C durante 1 h, resfriando em dessecador e pesando novamente. O extrato real foi calculado com base na Equação 14.

Eq. 14:

$$\text{Extrato Real } \left(\% \frac{\text{m}}{\text{v}} \right) = \frac{100 \cdot P}{V}$$

Onde: P = Massa do resíduo em gramas; V = Volume da amostra em mL.

2.18. *Determinação do Extrato Primitivo*

Foi determinado por meio da equação de Balling, que envolve os valores de teor alcoólico e extrato real. Filtrou-se aproximadamente 100 mL da amostra descarbonatada e determinou-se a densidade relativa a 20 °C/20 °C do filtrado. O extrato primitivo foi calculado com base na Equação 15.

Eq. 15:

$$\text{Extrato Primitivo} \left(\% \frac{\text{m}}{\text{m}} \right) = \frac{[(P*2,066)+ER]*100}{[100+(P*1,066)]}$$

Onde: P = % de álcool em peso; ER = Porcentagem do Extrato Real.

2.19. Determinação do Extrato Aparente

Ao obter a densidade relativa, determinou-se o extrato aparente convertendo a densidade relativa à 20 °C / 20 °C em porcentagem de extrato.

2.20. Álcool em volume ou grau alcoólico a 20 °C

Transferiu-se 100 mL da amostra descarbonatada para um conjunto de destilação. Em seguida recolheu-se 75 mL do destilado em um balão volumétrico de 100 mL, contendo 10 mL de água destilada, foi completado o volume do balão com água destilada. Homogeneizou-se a amostra, determinando a densidade relativa da solução a 20 °C pelo picnômetro. Reverteu-se o resultado da densidade relativa do destilado em álcool em volume, utilizando a tabela de porcentagem de álcool em volume a 20 °C (% v/v) correspondente à densidade relativa a 20 °C.

2.21. Álcool em Peso

Utilizou-se o mesmo procedimento do álcool em volume para determinar o teor de álcool em peso das amostras. A graduação alcóolica foi obtida a partir da conversão da densidade relativa do destilado, utilizando a tabela de conversão da densidade relativa a 20 °C/20 °C em porcentagem de álcool em peso.

2.22. Determinação do Amargor

Pipetou-se 5 mL da amostra e transferiu-se para um Erlenmeyer de 125 mL com rolha acrescentando tiras plásticas para evitar espumas. Adicionou-se 0,5 mL de solução de ácido clorídrico (HCl) a 10% e 10 mL de Iso-Octano no Erlenmeyer, colocando posteriormente no agitador magnético por 20 min. Em seguida foi transferida a fração superior (límpida) do Iso-octano para uma cubeta de quartzo de 10 mm com tampa, procedendo a leitura em

espectrofotômetro à 275 nm. Antes da leitura, o equipamento foi calibrado com uma amostra em branco contendo 0,5 mL de ácido clorídrico (HCl) a 10% e 10 mL de Iso-octano (Equação 16).

Eq. 16:

$$UA = A_{275} * 50$$

Onde: UA = Unidade de Amargor; A_{275} = absorvância do extrato a 275 nm; 50 = Fator da curva padrão.

3. Resultados e Discussão

3.1. Produção da cerveja

A moagem requerida no início do processo obteve um resultado satisfatório observando uma eficiência de moagem de 0,81. Para o processo de brassagem foram utilizados 14 litros de água para 5 kg de malte, observou-se então que foram absorvidos 4 litros de água pelos grãos. Após 1 h e 30 min foi feita a verificação da taxa de evaporação na fervura do mosto, encontrando o valor de 2 L. Para a lavagem dos grãos utilizou-se 12,44 L e o volume inicial de fervura inicial foi de 22 L. Ao final do processo de clarificação foi obtido um rendimento de 26 L de mosto.

Enquanto a taxa de evaporação, segundo o cálculo citado neste trabalho, obteve 9,615%, equivalente a 961,5 mL/h. Para Kunze (2004), a taxa de evaporação tradicionalmente varia entre 10 a 15%. Além do controle do extrato e taxa de evaporação, determinou-se o volume do rendimento prático e controle de perdas, obtendo 48%. Em termos de processo cervejeiro, atualmente, o rendimento varia em torno de 70 – 75%. O valor abaixo do estimado pode ser explicado devido a utilização de equipamentos artesanais não automatizados.

O mosto inicial apresentou 5 °Brix e densidade de 1,015. O extrato final após a fervura apresentou 13 °Brix e densidade de 1,051. Dessa forma, encontra-se acima do limite ao se comparar ao estilo *German Pilsen*, porém, está dentro da faixa de uma *American Wheat Beer* (1,042 a 2,055 OG) segundo o Guia de Estilos – BJCP (2015). O teor alcoólico final do produto foi 5,2 v/v, encontrando-se dentro do limite de uma *German Pilsen*. A carbonatação foi satisfatória, com a presença de microbolhas de gás carbônico. Os lúpulos dos tipos *Magnum* e *Tradition* conferiram aroma e amargor, respectivamente à cerveja. Além dos extratos adicionados na etapa de maturação que também confeririam aroma e sabor.

Em seu estudo, Flores (2015) que tinha como objetivo elaborar, por meio do processo artesanal, avaliar as características físico-químicas e sensoriais de cervejas à base de chocolate e caramelo, obteve como resultado a densidade do mosto no tempo final de fervura apresentando valores muito próximos, entre 1,051 e 1,052 g. mL em uma cerveja artesanal de chocolate com caramelo. Da mesma forma foram observados resultados semelhantes no estudo de Schiaveto (2015), que obteve a densidade do mosto cervejeiro próxima a 1,050 g. mL e reduzindo conforme o processo de fabricação, confiabilizando que os resultados obtidos neste presente trabalho estão dentro dos padrões esperados.

Em sua pesquisa que consistiu na produção de uma cerveja com adição de lascas *Zingiber officinale* (gengibre), Tozetto (2016) obteve no mosto inicial 6 °Brix, densidade de 1,025 e no extrato de fervura final 8,45 °Brix, densidade de 1,031. O valor menor de °Brix no final de fervura em comparativo com o presente trabalho pode ter sido em decorrência da adição do extrato usado. O valor de 13 °Brix na etapa final de resfriamento, indica a concentração de açúcares disponíveis na solução do mosto para o fermento realizar as devidas conversões em álcool, calor e dióxido de carbono até consumir todo o substrato dito fermentescível. Conforme avança o tempo de fermentação é natural que ocorra a queda no valor de extrato (Morado, 2009).

3.2. Análises físico-químicas

Na Tabela 5 são descritos os resultados das análises físico-químicas da cerveja produzida.

Tabela 5. Resultados das análises físico-químicas químicas da cerveja produzida.

Parâmetros	Unidade	Valor
pH	-	4,5±0,01
Turbidez	EBC	14,5±0,00
Cor	EBC	15,85±0,00 (SRM=8,1026)
Acidez Total	% v/v	2,70±0,064
Densidade Relativa	a 20°C	1,013
Álcool em Volume	% v/v	5,2±0,10
Álcool em Peso	% m/m	4,20
Extrato Real (ER)	% m/m	5,41±0,09
Extrato Primitivo (EP)	% m/m	13,48±0,08
Extrato Aparente (EA)	% m/m	3,35
Amargor	UA	17,82±0,18
Calorias	Cal	289

Fonte: Autores.

Na Tabela 5 descrita acima, apresenta os resultados obtidos durante a avaliação da qualidade da bebida, que em alguns parâmetros serviram de comparativo com o estilo de cerveja *German pilsen* do manual BJCP. A cerveja produzida foi classificada segundo a legislação² em função das características da fermentação e do produto acabado e ao avaliarmos os parâmetros extrato primitivo observa-se que o resultado de 12,21 pode ser classificado como cerveja extra (EP \geq 12% e \leq 14%). Já o álcool em volume (%v/v) o qual obteve-se resultado de 5,2 considera a cerveja analisada como de alto teor alcoólico, e se enquadra dentro do limite do estilo *German Pilsen* entre 4,4 a 5,2%. Em relação ao amargor, o valor de 17,82 está abaixo da faixa limite do estilo de uma *German Pilsen* de acordo com o Beer Judge Certification Program – BJCP porém dentro da faixa de uma *Belgian Blonde Ale* (IBU entre 15 e 30).

A cor está relacionada a cevada utilizada assim como também adjuntos, fermento e adição de extratos e frutas à bebida. No trabalho foi utilizado o malte estilo Pilsen, obtendo o valor de 15,85 EBC, classificando a cerveja como clara (< 20 unidades de EBC) e de acordo com a escala americana, o valor de 8,10 está acima do limite do estilo German Pilsen (2 a 5 SRM) se enquadrando também dentro da faixa do estilo Belgian Blonde Ale. Essa alteração pode ser justificada pela quantidade de malte utilizado durante a formulação da bebida. Em comparativo com Santos¹⁵, que teve como produção uma cerveja pilsen adicionada de mel,

obteve coloração 4,10, que da mesma forma obteve um produto mais claro devido a adição do mel.

Segundo Leiper&Miedl (2009) no tratamento a frio, a cerveja deve ser refrigerada (-1 a 0 °C), sem congelamento, para garantir a precipitação de partículas e o trabalho de Miedl & Bamforth (2004) indicou que um curto período de temperatura muito baixa (-2,5 °C) de armazenamento antes da filtração pode ser tão benéfico para a estabilidade coloidal como períodos mais longos em temperaturas menos frias. Para a produção desta cerveja fez-se de alta fermentação (Ale) com temperaturas maiores que 0 °C obtendo turbidez 14,5 EBC. Santos (2019) produziu duas cervejas Ale, das quais uma é puro malte e a outra o autor utilizou mel como adjunto. Para a cerveja puro malte obteve-se turbidez igual a 6,06 EBC, e com 25% de mel como adjunto obteve-se turbidez equivalente a 5,40. A alta turbidez pode estar relacionada ao processo artesanal de produção dessa cerveja assim como a coleta da amostra com uma alta concentração de partículas decantadas no fermentador.

Ao comparar o produto à formulação *German Pilsen*, a cerveja produzida obteve um amargor baixo. O estilo *German Pilsen* segundo o manual BJCP possui um intervalo de 25 – 45 IBU, enquanto esta obteve 17,82. Ao fazer a formulação, calculou-se a quantidade de lúpulo a ser adicionada durante a etapa de fervura. Para este trabalho, adicionou 15,23 g do lúpulo Magnum, o qual é responsável pelo amargor da bebida, e 15,23 g do lúpulo Tradition, responsável pelo aroma. Este valor baixo do amargor pode ser explicado pelo tempo de residência de cada lúpulo durante a fervura, assim como a quantidade adicionada. Esta quantidade foi desproporcional ao produto desejado. Para que o amargor estivesse dentro dos devidos limites, seria necessário aumentar a quantidade de lúpulo Magnum e diminuir a quantidade de lúpulo Tradition.

De acordo com Compton (1978), a cerveja deve apresentar o pH dentro da faixa de 3,8 a 4,7 para ser considerada normal. Dentre as Ales inglesas, o pH está no intervalo de 4,0 a 4,2, as Lambic de 3,4 a 3,9 e as de trigo de 3,2 a 3,4 (Bushman, 2015). O pH de 4,5 da cerveja produzida revela que não há presença de sabor ácido no produto final bem como indica a ausência de autólise das leveduras. O pH da cerveja produzida (4,5) seguiu a tendência apresentada por Santos (2011) que obteve valor de 4,5 ao trabalhar com emprego de arroz torrado como adjunto e com Duarte (2015) que ao usar extrato de café como adjunto obteve pH igual a 4,57.

Sendo assim, a cerveja produzida caracterizou-se como de alta fermentação (Ale), extra quanto ao extrato primitivo (13,48%), alto teor alcoólico (5,2% Vol.), e clara, quando a cor (<20 EBC).

4. Considerações Finais

Com relação às análises físico-químicas a cerveja produzida foi avaliada como de alta fermentação, cor clara, alto teor alcoólico e extra, em função do extrato primitivo. Podemos dizer que as características da cerveja atenderam ao propósito do estilo fabricado, conferindo o sabor e o aroma como diferenciais. Os resultados mostraram que adição do extrato de *Syzygium aromaticum* (cravo-da-índia) e *Cinnamomum zeylanicum* (canela) podem ser favoráveis ao processo em termos de aroma e sabor sem prejudicar as características sensoriais da cerveja. Dessa forma a utilização de extratos pode ser uma das alternativas para agregar maior valor à cerveja, que no Brasil é pouco consumido, além de diferenciar das demais cerveja disponíveis no mercado. Desse modo, diante das diversas potencialidades das especiarias utilizadas para produção da cerveja, e no que elas podem oferecer para a indústria cervejeira, é interessante a realização de outros estudos envolvendo o tema sejam desenvolvidos, a fim de se avaliar o seu uso em diferentes concentrações, aplicações em diferentes etapas do processo produtivo entre outras aplicabilidades tecnológicas do ramo cervejeiro.

Referências

Bamforth, C. W. (2009). Current perspectives on the role of enzymes in brewing. *Journal of Cereal Science*, 50(3), 353-357.

Brasil. Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009. (2009). Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5jun. 2009. Seção 1.

Brasil. Receita Federal Do Brasil. Sistema de Controle de Produção de Bebidas - Sicobe. Brasília. (2016).

BCJP - Beer Judge Certification Program 2015 Style Guidelines (2015).

Bushman Z. Quality control in beer production pH, 2015.

CNF. (2017) Canela, uma especiaria. Centro de Nutrição Funcional. 12 de julho de 2017.

Compton, J. (1978). Beer quality and taste methodology. *El cervecero en la practica: a manual for the brewing industry*, 2, 288-308.

Deliberalli, C. C. Cervejas artesanais no Brasil: análise da comunicação integrada de marketing da cervejaria Bodebrown.

Dias, A.T. (2016) “Cervejar é preciso”...cálculo cervejeiro para elaboração de receitas. 1.ed. Belo Horizonte: Letramento.

Duarte, L. G. R. (2015). *Avaliação do emprego do café torrado como aromatizante na produção de cervejas*.

Flores, A. B., Gräff, A., Cornelius, E., & Souza, C. F. V. (2015). Perfil sensorial e avaliações físico-químicas de cerveja artesanal de chocolate e caramelo. *Revista Destaques Acadêmicos*, 7(4).

Gracie, A.nR. (2019). O Poder da Canela- *Cinnamomum Sp.* 29 de julho de 2019.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. (2008). Normas Analíticas: métodos químicos e físicos para a análise de alimentos. (4a ed.), São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.

Kunze, W. (2004), *Technology of Brewing and Malting*. Terceira edição. Editora Westkreuz-Druckerei Ahrens KG. Berlin, 948.

Leiper, K. A., & Miedl, M. (2009) Colloidal stability of beer. In: Bamforth, C. W. *Beer: a Quality Perspective*. Burlington: Academic Press, (4), 111-161.

Miedl, M., & Bamforth, C. W. (2004). The relative importance of temperature and time in the cold conditioning of beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 62(2), 75-78.

Morado, R. (2009). *Larousse da cerveja*. São Paulo: Larousse do Brasil.

Murray, D. W., & O'Neill, M. A. (2012). Craft beer: Penetrating a niche market. *British Food Journal*.

Nascimento, G. G., Locatelli, J., Freitas, P. C., & Silva, G. L. (2000). Atividade de extratos vegetais e fitofármacos sobre bactérias resistentes a antibióticos. *Braz. J. Microbiol*, 31(4), 247-256.

Santos, C. (2011). *Avaliação do emprego do arroz preto (Oryza Sativa L.) submetido à hidrólise enzimática como adjunto na fabricação de cerveja*. 2011. 75 f (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial), Universidade de São Paulo, Lorena-SP).

Schiaveto, P. (2015) Parâmetros: Densidade.

Tozetto, L. M. (2017). *Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de gengibre (Zingiber officinale)* (Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Jaqueline Santos Mesquita – 25%

Janyne Palheta Ramos – 25%

Gustavo Oliveira Everton – 20%

Victor Elias Mouchrek Filho – 10%

Silvio Carlos Coêlho – 20%