

Clarificação de cervejas artesanais utilizando processo de separação por membranas

Clarification of craft beers using membrane separation process

DOI:10.34117/bjdv7n1-631

Recebimento dos originais: 22/12/2020

Aceitação para publicação: 22/01/2021

Marlan Miotto

Graduando em Engenharia Química

Instituição: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
Erechim

Endereço: Avenida 7 de setembro, 1621, Bairro Fátima, Erechim – RS, Brasil

E-mail: marlanmiotto@hotmail.com

Rosicler Colet

Doutora em Engenharia de Alimentos

Instituição: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
Erechim

Endereço: Avenida 7 de setembro, 1621, Bairro Fátima, Erechim – RS, Brasil

E-mail: rosicler.colet@yahoo.com.br

Ilizandra Aparecida Fernandes

Doutora em Engenharia de Alimentos

Instituição: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
Erechim

Endereço: Avenida 7 de setembro, 1621, Bairro Fátima, Erechim – RS, Brasil

E-mail: ilizandrafernandes@yahoo.com.br

Patricia Griep

Graduada em Engenharia de Alimentos

Instituição: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
Erechim

Endereço: Avenida 7 de setembro, 1621, Bairro Fátima, Erechim – RS, Brasil

E-mail: patygriep_@hotmail.com

Clarice Steffens

Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal de São Carlos

Instituição: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
Erechim

Endereço: Avenida 7 de setembro, 1621, Bairro Fátima, Erechim – RS, Brasil

E-mail: clarices@uricer.edu.br

Alexander Junges

Doutor em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes

Instituição: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
Erechim
Endereço: Avenida 7 de setembro, 1621, Bairro Fátima, Erechim – RS, Brasil
E-mail: junges@uricer.edu.br

Juliana Steffens

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos
Instituição: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
Erechim
Endereço: Avenida 7 de setembro, 1621, Bairro Fátima, Erechim – RS, Brasil
E-mail: julisteffens@uricer.edu.br

Eunice Valduga

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina
Instituição: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
Erechim
Endereço: Avenida 7 de setembro, 1621, Bairro Fátima, Erechim – RS, Brasil
E-mail: veunice@uricer.edu.br

RESUMO

A filtração é uma das etapas mais importantes do processo de clarificação da produção de cerveja, objetivando principalmente a remoção de sólidos em suspensão e turbidez, promovendo assim a clarificação e manutenção das principais propriedades da cerveja, assegurando uma maior durabilidade do produto. Dentre as tecnologias de filtração aplicadas, o processo de separação por membranas tem se destacado na indústria de bebidas, sendo que o tipo de membrana e o sistema podem variar de acordo com a escala industrial de produção. Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi realizar a clarificação das cervejas artesanais Red Ale e Pilsen, empregando membranas de microfiltração (MF) e ultrafiltração (UF) (tipo espiral de 10 kDa e fibra oca de 50 kDa), avaliando os fluxos de permeado e características das cervejas (teor alcóolico, sólidos solúveis e totais, viscosidade, turbidez e cor). Ao utilizar a membrana tipo fibra oca (MF e UF 50 kDa) o fluxo de permeado de cerveja Pilsen foi menor (MF - 46,1 L/m²h e UF - 14,69 L/m²h), quando comparado a membrana tipo espiral (MF - 282,29 L/m²h e UF 10 kDa - 68,5 L/m²h), fato associado a configuração das membranas e as maiores áreas da membrana de fibra oca (MF - 1,8 m² e UF 50 kDa - 2,2 m²). Além disso, a membrana tipo fibra oca de MF apresentou menor eficiência de remoção de sólidos (4,13%), turbidez (12%) e cor (1%) da cerveja Pilsen, quando comparada a UF tipo espiral de 10 kDa utilizada na cerveja Red Ale. Portanto, a microfiltração e ultrafiltração aplicada nas cervejas artesanais mostraram-se processos eficiente para a clarificação, auxiliando de maneira positiva no desenvolvimento do processo de produção e no produto final.

Palavras-chave: Pilsen, Red Ale, microfiltração, ultrafiltração, fluxo de permeado, turbidez, cor.

ABSTRACT

Filtration is one of the most important steps in beer production process, aiming mainly at the removal of suspended solids and turbidity, thus promoting the clarification and maintenance of the main properties of beer, ensuring greater product durability. Among the applied filtration technologies, the membrane separation process has stood out in the

beverage industry, the type of membrane and the system may vary according to the industrial scale of production. In this sense, the objective of the present work was to clarify the craft beer type Red Ale and Pilsen, using membrane of microfiltration (MF) and ultrafiltration (UF) systems: (spiral type of 10 kDa and hollow type of 50 kDa), evaluating the permeate flows and characteristics of the beers (alcohol content, soluble and total solids, viscosity, turbidity and color). When using the hollow fiber type membrane (MF and UF 50 kDa) the permeate flow of Pilsen beer was lower (MF - 46.1 L/m²h and UF - 14.69 L/m²h), when compared to Red Ale beer using the spiral type membrane (MF - 282.29 L/m²h and UF 10 kDa - 68.5 L/m²h), this is due to the configuration of the membranes and the larger areas of the hollow fiber membrane (MF - 1.8 m² and UF 50 kDa - 2.2 m²). In addition, the MF of 10 kDa hollow fiber membrane showed lower efficiency in removing solids (4.13%), turbidity (12%) and color (1%) from Pilsen malt beer, when compared to UF type spiral beer. 10 kDa used in Red Ale beer. Therefore, the microfiltration and ultrafiltration applied to craft beers proved to be an efficient process for clarification, helping positively in the development of the production process and in the final product.

Keywords: Pilsen, Red Ale, microfiltration, ultrafiltration, permeate flow, turbidity, color.

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é uma bebida produzida a partir da fermentação de cereais, sendo considerada uma das bebidas mais antigas consumidas pelo homem. Atualmente, o Brasil ocupa o terceiro lugar em produção de cerveja, ficando atrás somente da China e dos Estados Unidos (CERVBRASIL, 2020). Em 2019, no Brasil foram registradas 1.209 cervejarias no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), distribuídas nas 26 unidades da federação, apresentando um aumento de produção de 36% quando comparado ao ano de 2018. A maioria das cervejarias estão localizadas nos estados do Sul e do Sudeste, representando cerca de 80% do total, sendo que São Paulo tem o maior número de estabelecimentos (241), seguido pelo Rio Grande do Sul (236) e por Minas Gerais (163) (BEER ART, 2020).

O Brasil, além de ser um dos principais produtores de cerveja, também é considerado um grande consumidor, com valores médios por habitante de 57 litros por ano (FLACSO, 2012). Assim, devido a alta demanda deste produto as cervejarias artesanais começaram a ganhar espaço. No mercado existem inúmeros tipos de cervejas que se diferenciam em termos de ingredientes, metodologias de elaboração, além de características organolépticas. As cervejas artesanais, no entanto, são produtos de maior valor agregado, produzidas por meio de formulações ou processos distintos aos utilizados em escala industrial (TOZETTO et al., 2019; PIMENTEL et al., 2019).

Na indústria de cerveja, a filtração é considerada uma das operações de finalização do processo, onde ocorre a clarificação do produto, pela separação de partículas em suspensão, leveduras, partículas coloidais e resíduos de lúpulo (JUNIOR et al., 2009). A eliminação destas partículas ocorre mediante a passagem da cerveja maturada por um meio filtrante, normalmente a base de terra diatomácea. Um método alternativo para clarificação de cervejas para micro cervejarias é o uso de membranas (Micro e/ou ultrafiltração), os quais se destacam pela seletividade, diminuição no tempo de processamento e por apresentarem custos operacionais e/ou de investimento relativamente baixos (AMBROSI, et al., 2014). Neste sentido, o objetivo do estudo foi avaliar a clarificação de cervejas artesanais (Red Ale e Pilsen), empregando membranas de micro e ultrafiltração do tipo espiral e de fibra oca.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DAS CERVEJAS ARTESANAIS

Na elaboração das cervejas artesanais foram produzidos 30 litros por batelada de cerveja Red Ale e Pilsen. O processo para elaboração da cerveja foi realizado de acordo com o método tradicional de fabricação de cerveja artesanal tipo Pilsen. Inicialmente, um volume de 10 L de água mineral com pH 6,3 foi adicionado em um recipiente de inox e aquecido a 35°C. O malte (5000 g) foi desintegrado em moinho manual de disco e misturado à água pré-aquecida, com pH final da empastagem próximo a 5,6, em recipiente de inox. Essa mistura permaneceu a 35°C por 10 min e em seguida foi realizado o aquecimento lento (1°C/min) até se atingir 45°C, com repouso por mais 10 min. Em seguida, um aquecimento lento foi realizado até 52°C, com repouso da suspensão por 10 min; seguindo até 62°C, repouso de 30 min e aquecimento progressivo até 72°C, permanecendo nesta temperatura por aproximadamente 30 min. Nesta etapa, realizou-se o teste do lugol (HARISHA, 2006) e em caso do teste positivo, procedeu-se o aquecimento a 72°C até a completa sacarificação.

Posteriormente, foi realizada a remoção dos sólidos com auxílio de peneiras (Série Tyler: 16 e 20 mesh). Nos sólidos foi adicionado 3 L de água, submeteu-se ao aquecimento por 72°C, durante 10 min, filtrou-se e realizou-se a lavagem do bagaço. Em seguida, o mosto (15 L) foi submetido a etapa de fervura a 90°C e, transcorridos 10 min iniciais foi adicionado a primeira porção (10 g) de lúpulo tipo Nugget (Hallertau Nugget, Alemanha), com o objetivo de conferir características principalmente de amargor ao produto, e quando o mosto atingiu 50 min de fervura vigorosa, foram adicionados 6 g de

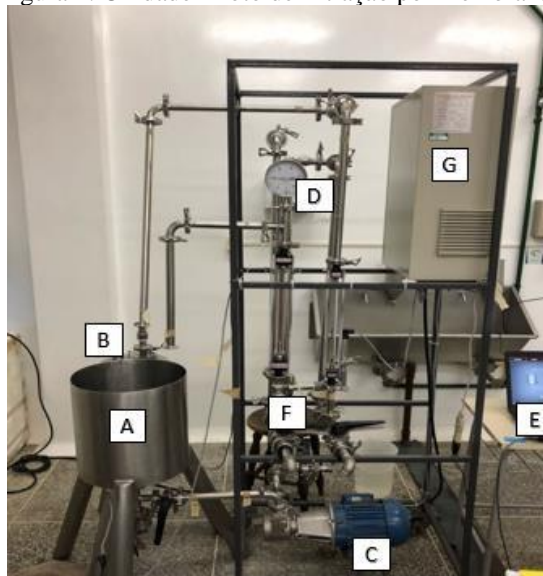
lúpulo tipo Perle (Hallertau Saphir Pellet T90, Alemanha), com o objetivo de realçar o aroma da bebida. Ao final de 80 min de fervura, o mosto foi agitado vigorosamente no sentido anti-horário e permaneceu em repouso por 20 min para formação do trub. Em seguida, foi realizado o resfriamento ($\sim 15^{\circ}\text{C}$) do mosto e a trasfega do mosto resfriado para o recipiente de vidro de 50 L (Dorna de fermentação), visando a remoção dos trubs frio. Posteriormente, realizou-se a correção do teor dos sólidos solúveis totais (15°Brix) com água mineral.

O inóculo foi preparado com uma alçada de células da cultura estoque (*Saccharomyces uvarum*) em 100 mL de mosto esterilizado, incubando-se em agitador orbital (New Brunswick modelo Excella E25R - Alemanha) a 15°C , 100 rpm por 24 h. Posteriormente, o inóculo foi adicionado ao mosto e a dorna de vidro foi vedada com rolha, acoplada a válvula do tipo airlok preenchida com álcool 70 %. A fermentação alcoólica foi conduzida em câmara fria modular (TECNOFRIO MENONCIN EQUIPAMENTOS DE REFRIGERACAO LTDA) a temperatura de 10°C por aproximadamente 5 dias. Ao término da fermentação realizou-se o processo de filtração por membranas.

2.2 PROCESSO DE FILTRAÇÃO POR MEMBRANAS

O processo de ultrafiltração foi realizado em planta piloto (Pam Membranas Seletivas). A Figura 1 mostra a unidade de separação por membranas e a esquematização do processo. A unidade de filtração é composta de dois tanques de aço inoxidável, o tanque A é o tanque de alimentação e recirculação com capacidade de 30 L e o tanque B é o tanque de coleta de permeado com capacidade de 12 L, com fluxo tangencial. A alimentação do sistema foi realizada manualmente em bateladas. Inicialmente, acionou-se o quadro elétrico G e ajustou-se os limites de potência da bomba no computador E. Após ajustou-se a pressão em função do tipo de membrana utilizado na válvula de controle F e regulou-se a vazão da bomba C. A temperatura foi monitorada pelo termostato D.

Figura 1: Unidade Piloto de filtração por membranas



Primeiramente, adicionou-se ao tanque de alimentação um volume de aproximadamente 20 L de amostra, onde circulou-se pela membrana de microfiltração – MF e o permeado da MF foi utilizado na alimentação da ultrafiltração - UF. Para a cerveja Pilsen empregou-se membrana microfiltração (MF) tipo espiral (KOCH MEMBRANAS), com área de 1,1 m² e condições de operação de 12°C e 0,5 bar, e para a UF de 50 kDa de fibra oca (PAM MEMBRANAS), com área de filtração de 2,2 m² e condições de operação de 12°C e 1,5 bar. Já para a cerveja Red Ale empregou-se membrana de MF espiral, área 1,1 m², 12°C e 0,5 bar e UF de 10 KDa (KOCH MEMBRANAS) com área de filtração de 1,8 m² e nas condições de operação de 12°C e 1,0 bar.

Os fluxos de permeado (J_p) foram obtidos por meio de medidas volumétricas em função do tempo para as amostras das cervejas, o qual foi determinado pelo volume de permeado (L) em relação à área de permeação (m²) e o tempo de permeação (h) e expresso em (L/m²h).

Ao término de cada experimento realizou-se um procedimento de limpeza para recuperação do fluxo inicial e para evitar a contaminação das membranas. Para a limpeza do sistema de membranas foi recirculada água para remoção do residual de cerveja, até o momento em que o permeado se apresentasse visivelmente límpido. Após a lavagem com água realizou-se a recirculação por 10 min, com uma solução comercial a base de alquil benzeno sulfonato de sódio e peróxido de hidrogênio à 10% (Vanish) e enxágue com água destilada.

As amostras de cerveja in natura, dos permeados de MF e UF foram coletadas e reservadas para avaliar as características físico-químicas: sólidos totais, teor alcoólico, sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix), turbidez, viscosidade, densidade, índices de cor (L^* , a^* , b^* , C^*) e cor EBC.

2.3 METODOLOGIAS ANALÍTICAS

2.3.1 Teor Alcoólico

O teor alcoólico da cerveja foi determinado pelo método do Ebulliômetro SOLLERON-DUJARDIN (IAL, 2008).

2.3.2 Sólidos Totais

Os sólidos totais das amostras foram determinados por método gravimétrico em estufa de recirculação (Fanem – modelo 320 - SE) a 105°C por aproximadamente 4 h e/ou até peso constante segundo metodologia descrita por IAL (2005).

A redução dos sólidos foi expressa em % de redução de sólidos, calculado com base no teor de sólidos totais da amostra de cerveja sem filtração (in natura) e da cerveja microfiltrada (MF) e/ou ultrafiltrada (UF - 10 e 50 kDa).

2.3.3 Densidade

A densidade foi determinada utilizando densímetro digital (ANTON PAAR). Na temperatura de 20°C .

2.3.4 Viscosidade

A viscosidade das amostras foi obtida utilizando um Viscosímetro tipo “Falling Ball” nº 2, utilizando bola de vidro.

2.3.5 Índices de cor (L^* , a^* , b^* , C^*)

A determinação da cor foi realizada pelo método de Colorimetria em colorímetro (MINOLTA, CR410), operando no sistema CIE (L^* , a^* , b^*), sendo que L^* indica a coordenada de luminosidade ($L^*=0$ – preto e $L^*=100$ – branco), a^* e b^* as coordenadas de cores responsáveis pela cromaticidade: ($+a^*$ = vermelho e $-a^*$ é o verde, $+b^*$ é o amarelo e $-b^*$ é o azul).

Os valores obtidos diretamente do colorímetro foram utilizados para cálculo da tonalidade cromática, croma C^* ($C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$). A redução da cor foi expressa em %

de redução de cor C^* , calculada com base na cor C^* da amostra de cerveja sem filtração (in natura) e da cerveja microfiltrada (MF) e/ou ultrafiltrada (UF - 10 e 50 kDa).

2.3.6 Cor EBC

A análise foi conduzida de acordo com o estabelecido pelo Institute of Brewing Methods of Analysis (2000), método 9.6 - "Beer: Colour of Beer: Spectrophotometric Method". A coloração da bebida foi mensurada em espectrofotômetro (UV 1600 Spectrophotometer, Pró-Análise) e a absorção da luz foi detectada em 430 nm (usa-se como referência a absorção da água destilada). A absorção foi medida em uma cubeta de quartzo de 10 mm e todas as leituras foram realizadas em triplicata. A cor em EBC (European Brewing Convention) foi calculada conforme a Equação 1.

$$\text{Cor EBC} = E_{430} \times 25 \quad (1)$$

onde E_{430} = absorbância em 430 nm.

2.3.7 Turbidez

A turbidez das amostras foi determinada pelo método nefelométrico, utilizando o turbidímetro (HACH, modelo DR 870).

A redução da turbidez foi expressa em % de redução de turbidez, calculada com base na turbidez da amostra de cerveja sem filtração (in natura) e da cerveja microfiltrada (MF) e/ou ultrafiltrada (UF 10 e 50 kDa).

2.3.8 Sólidos solúveis totais

Para a determinação dos sólidos solúveis totais (°Brix) foi utilizado um refratômetro tipo analógico (RHB32).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das determinações físico-químicas foram tratados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) e comparação das médias pelo teste de Tukey e/ou t-student ($p < 0,05$) com auxílio do software *Statistica* versão 5.0 (Statsoft Inc, USA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 FLUXOS DE PERMEADOS DAS MEMBRANAS DE MF E UF

A Figura 2 apresenta os fluxos de permeados da cerveja Red Ale empregando membrana de UF 10 kDa tipo espiral (a) e da cerveja Pilsen com membrana de MF (b) e

UF 50 kDa de fibra oca (c). O fluxo máximo da membrana MF - tipo espiral foi de 68,5 L/m²h, operando nas condições de 12°C e 0,5 bar e para a UF 10 kDa tipo espiral, 12°C e 1,0 bar foi de 46,1 L/m²h para a cerveja Red Ale. O fluxo de permeado máximo obtido para a cerveja Pilsen foi de 282,29 L/m²h (Figura 2c) ao empregar a membrana MF de fibra oca na condição de operação 12°C e 1,5 bar. No entanto, ao utilizar a membrana UF 50 kDa de fibra oca (12°C e 1,5 bar), o fluxo máximo obtido foi de 14,69 L/m²h para a cerveja Pilsen. Ressalta-se que ao utilizar a membrana tipo fibra oca (MF e UF 50 kDa) houve um fluxo de permeado de cerveja menor, quando comparado a membrana tipo fibra espiral (MF e UF 10 kDa), isto deve-se, principalmente, a configuração das membranas e as maiores áreas de filtração das membranas de fibra oca (MF – 1,8 m² e UF 50 kDa - 2,2 m²).

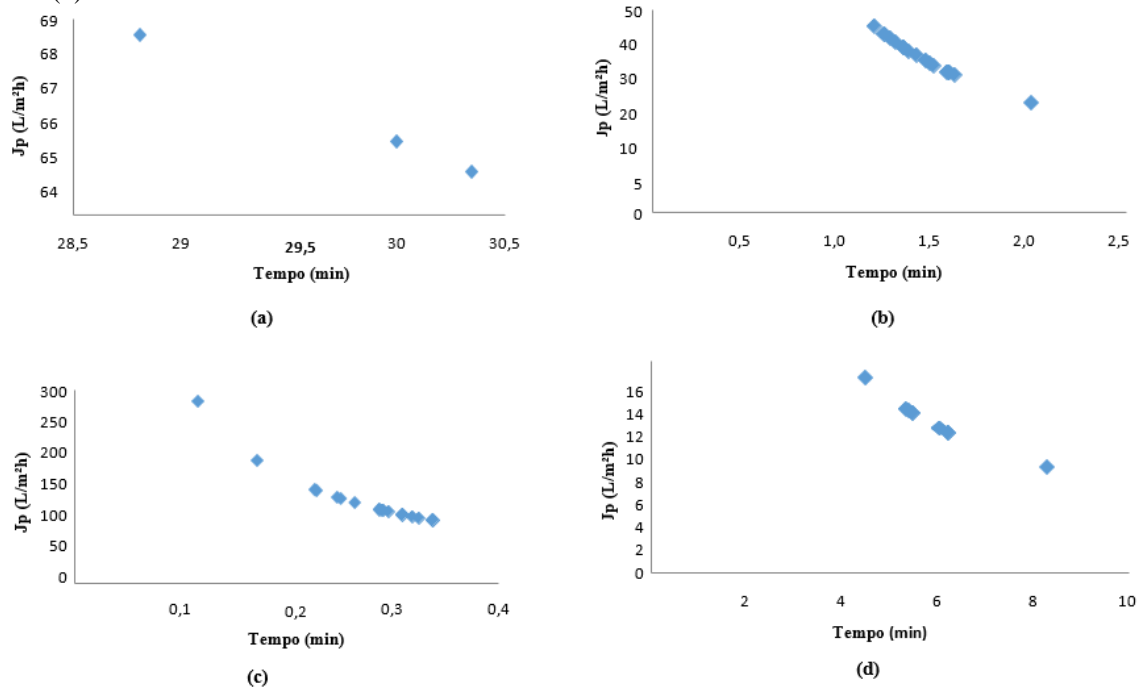
De acordo com Mello et al. (2010) a viabilidade do processo de filtração por membranas depende, em grande parte, das condições envolvidas no processo como as propriedades da membrana, afinidade membrana-soluto, temperatura da solução, pressão entre outros. E no caso específico, a composição da cerveja (tipo e concentração de malte, lúpulo, residual de levedura, etc) a ser filtrada.

A queda do fluxo da cerveja com o tempo se justifica pela presença de sólidos na corrente de alimentação, que durante o processo de UF provoca o entupimento da membrana, também, denominado de fouling. Para a membrana MF - tipo espiral (KOCH MEMBRANAS) o tempo aproximado de permeabilidade da cerveja foi de 4 min. No entanto, para a membrana UF 10 kDa tipo espiral (KOCH MEMBRANAS) o tempo foi de aproximadamente 23 min e para a UF 50 kDa tipo fibra oca (PAM MEMBRANAS) de aproximadamente de 64 min.

Segundo Oliveira et al. (2006), no processo de ultrafiltração para clarificação de cerveja com membrana polissulfona de 100 kDa nas pressões de de 0,5 e 1,0 bar, observaram a predominância do bloqueio devido à formação de torta de filtração. Nesse tipo de bloqueio, há a formação de uma camada gel composta por proteínas e macromoléculas na superfície da membrana, aumentando sua resistência e causando uma consequente redução no fluxo de permeado.

Neta et al. (2005) avaliaram o processo e qualidade da cerveja microfiltrada e observaram uma redução do fluxo de permeado nos primeiros minutos de filtração, indicando os efeitos de polarização de concentração. A redução contínua do fluxo permeado indicou a presença de incrustações, corroborando com o presente trabalho.

Figura 2: Fluxos de permeados da cerveja Red Ale empregando membrana de MF tipo espiral (a), UF 10 kDa tipo espiral (b) e para a cerveja Pilsen com membrana de MF tipo fibra oca (c) e UF 50 kDa de fibra oca (d).



3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS CERVEJAS IN NATURA E DOS PERMEADOS DA MICROFILTRAÇÃO (MF) E ULTRAFILTRAÇÃO (UF)

As Tabelas 1 e 2 apresentam as características físico-químicas e os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* , C^* , cor EBC e redução de cor) da cerveja Red Ale in natura e dos permeados de MF e UF 10 kDa, empregando membranas tipo espiral e da cerveja Pilsen in natura e dos permeados de MF e UF 50 kDa de fibra oca, respectivamente.

O teor alcoólico (Tabela 1) do permeado da cerveja Red Ale da UF 10 kDa e MF não diferem estatisticamente ($p < 0,05$) da in natura, apresentando um teor médio de $2,39^\circ GL$, o mesmo ocorreu para os permeados MF e UF 50 kDa da cerveja Pilsen, no qual apresentou um teor médio de $3,18^\circ GL$, ambas sendo classificadas como cervejas de baixa fermentação, de acordo com a legislação em vigor (BRASIL, 2019). A cerveja Pilsen tem um teor alcoólico maior, isto pode ser explicado pela quantidade de sólidos solúveis entre as duas cervejas, ou seja, quando as cervejas iniciaram a fermentação, o mosto da Pilsen apresentava teor de de sólidos solúveis totais de $15^\circ Brix$, sendo superior do Red Ale ($12^\circ Brix$), conseqüentemente maior teor alcoólico foi obtido.

Em relação ao teor de sólidos solúveis totais (Tabela 1), verifica-se que há uma diferença significativa ($p < 0,05$) das amostras de cervejas Red Ale e Pilsen in natura, MF e UF. Fato que, também, foi verificado por outros autores (SEGUENKA et al., 2014; MAGALHÃES et al., 2005). Seguenka et al. (2014) analisaram a micro e ultrafiltração

na clarificação do vinho e as amostras de vinhos clarificados apresentaram redução de sólidos solúveis. O emprego da microfiltração (0,1 µm) reduziu de 5,90 para 5,20°Brix. Magalhães et al. (2005) analisaram a água de coco verde após a microfiltração (0,1 µm), o qual promoveu uma redução de 4,2% de sólidos solúveis da bebida.

Em relação aos sólidos totais (Tabela 1) verifica-se que há diferença significativa ($p < 0,05$) entre a cerveja in natura e os permeados de MF e UF 10 kDa da cerveja Red Ale, demonstrando que a microfiltração produziu uma redução de 4,13% e a UF de aproximadamente 35%, em relação a in natura. Já para os permeados MF e UF 50 kDa da cerveja Pilsen a redução foi de aproximadamente 9 e 10%, respectivamente.

O mesmo ocorreu em relação a turbidez (Tabela 1), sendo que o permeado de MF reduziu aproximadamente 12% e da UF 10 kDa cerca de 60% em relação a cerveja Red Ale in natura e 48% da MF e 83% da UF 50 kDa da cerveja Pilsen em relação a in natura.

Já em relação a viscosidade os permeados de UF 10 e 50 kDa diferiram ($p < 0,05$) das demais amostras apresentando menor viscosidade.

Tabela 1: Características físico-químicas da cerveja Red Ale *in natura* e dos permeados de MF e UF de 10 kDa empregando membranas tipo espiral e da cerveja Pilsen *in natura* e dos permeados de MF e UF de fibra oca de 50 kDa.

Amostras	Teor alcoólico (°GL)	Sólidos solúveis totais (°Brix)	Sólidos totais (%)	Viscosidade (cP)	Turbidez (NTU)	Redução de sólidos (%)	Redução de Turbidez (%)
Cerveja Red Ale							
<i>In natura</i>	2,37 ^a (0,153)	2,67 ^b (0,031)	2,22 ^a (0,014)	1,35 ^a (0,005)	672,67 ^a (3,51)	-	-
Permeado MF	2,40 ^a (0,001)	2,87 ^a (0,058)	2,13 ^b (0,005)	1,33 ^a (0,009)	594,33 ^b (1,15)	4,13 ^b (0,445)	11,64 ^b (0,610)
Permeado UF 10kDa	2,40 ^a (0,001)	2,03 ^c (0,058)	1,45 ^c (0,003)	1,28 ^b (0,007)	237,00 ^c (2,65)	34,74 ^a (0,378)	60,12 ^a (0,499)
Cerveja Pilsen							
<i>In natura</i>	3,27 ^a (0,153)	4,82 ^a (0,001)	3,84 ^a (0,006)	1,487 ^a (0,024)	740,67 ^a (2,52)	-	-
Permeado MF	3,17 ^a (0,252)	4,59 ^c (0,058)	3,49 ^b (0,005)	1,443 ^{ab} (0,009)	387,33 ^b (1,53)	9,15 ^b (0,189)	47,70 ^b (0,205)
Permeado UF 50kDa	3,10 ^a (0,173)	4,72 ^b (0,001)	3,44 ^c (0,012)	1,412 ^b (0,023)	127,33 ^c (1,53)	10,37 ^a (0,166)	82,81 ^a (0,188)

*médias (desvio padrão) seguidas de letras iguais/colunas indicam não haver diferença significativa á nível de 95% de confiança (Teste de Tukey/*t student*) entre a amostra *in natura*, permeado MF e UF.

A cerveja Red Ale difere estatisticamente ($p < 0,05$) nos índices de cor (Tabela 2), onde observa-se um aumento de luminosidade (L^*) na amostra da UF 10 kDa em comparação com o permeado de MF. Porém, a cerveja *in natura* e o permeado de MF indicam uma coordena a^* negativa, ou seja, um tendência de cor verde, em comparação com a UF 10 kDa que apresentou a coordena a^* (+) tende para uma cor vermelha. A coordenada a^* em conjunto com b^* , forma a cor da cerveja, assim, pode-se notar que além

da cerveja *in natura* os permeados, também, tem a coordenada b^* positiva, o que significa que tendem a cor amarela, assim confirmando que houve uma redução da cromaticidade C^* de aproximadamente 37% no permeado de MF e de 42% na UF 10 kDa para a cerveja Red Ale.

Tabela 2: Parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* , C^* , EBC redução de cor C^* e EBC) da cerveja Red Ale *in natura* e dos permeados de MF e UF 10 kDa (Tipo espiral) e da cerveja Pilsen *in natura* e dos permeados de MF e UF 50 kDa (Tipo fibra oca).

Amostras	L^*	a^*	b^*	C^*	Redução cor C^* (%)	Cor (EBC)
Cerveja Red Ale						
<i>In natura</i>	39,19 ^b (0,030)	-0,367 ^c (0,006)	11,66 ^a (0,012)	11,66 ^a (0,012)	-	17,52 ^a (0,010)
Permeado MF	37,77 ^c (0,040)	-0,107 ^b (0,006)	7,36 ^b (0,006)	7,36 ^b (0,006)	36,86 ^b (0,097)	16,87 ^b (0,013)
Permeado UF 10kDa	40,44 ^a (0,045)	0,593 ^a (0,006)	6,74 ^c (0,015)	6,76 ^c (0,016)	42,01 ^a (0,097)	9,62 ^c (0,012)
Cerveja Pilsen						
<i>In natura</i>	41,61 ^c (0,020)	1,00 ^a (0,010)	5,39 ^a (0,006)	5,49 ^a (0,007)	-	7,63 ^a (0,01)
Permeado MF	42,83 ^b (0,010)	-0,907 ^c (0,021)	5,35 ^b (0,012)	5,42 ^b (0,012)	1,13 ^b (0,250)	6,77 ^b (0,013)
Permeado UF 50kDa	43,54 ^a (0,026)	-0,120 ^b (0,026)	4,26 ^c (0,009)	4,26 ^c (0,009)	22,31 ^a (0,269)	4,82 ^c (0,011)

*médias (desvio padrão) seguidas de letras iguais/colunas indicam não haver diferença significativa á nível de 95% de confiança (Teste de Tukey e/ou *t student*) entre a amostra *in natura*, permeado MF e UF.

Em relação a cor da cerveja Pilsen (Tabela 2) houve uma redução de cor do permeado de MF de aproximadamente 1% e do UF 50 kDa de aproximadamente 22%, atendendo as necessidades do processo, pois obteve-se clarificação. Isto pode ser observado pela redução visual da cor da cerveja *in natura* e dos permeados de MF e UF (Figuras 3 e 4) e, também pela redução da cromaticidade C^* e da cor EBC, o qual foi diminuindo ($p < 0,05$) conforme a passagem pelas membranas de MF e UF, evidenciando que as cervejas clarificaram com os processos de microfiltração e ultrafiltração.

As cervejas claras, por convenção europeia, devem apresentar valores menores que 20 unidades EBC (European Brewery Convention), unidade de medição de turvação em cerveja, ou seja, quanto mais baixo o valor de EBC, mais clara será a bebida (BEER & BIER, 2013). Pela mesma convenção, as cervejas escuras devem apresentar valores iguais ou superiores a 20 unidades EBC (SINDCERV, 2020). No estudo de Gan et al. (2001) a cerveja reduziu de 14,8 para 9,5 EBC após o processo de microfiltração.

Figura 3: Aspecto visual da cerveja Red Ale: A) *In natura*; B) Microfiltrada; C) Ultrafiltrada 10 kDa.

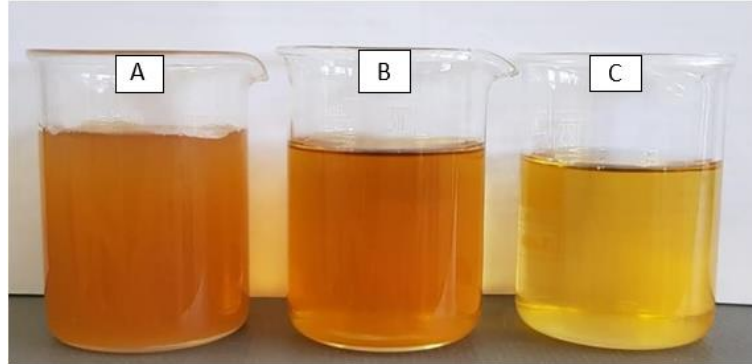
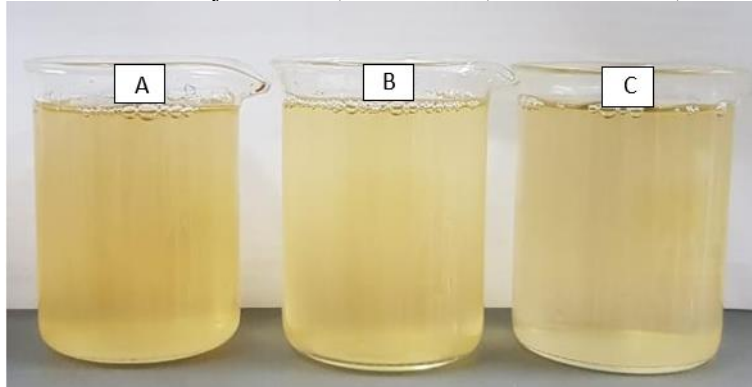


Figura 4: Aspecto visual da cerveja Pilsen: A) *In natura*; B) Microfiltrada; C) Ultrafiltrada 50 kDa.



Ao comparar as membranas tipo espiral de UF 10 kDa e a membrana tipo fibra oca de UF 50 kDa, verifica-se menor eficiência de remoção de sólidos, turbidez e cor para a última membrana, devido a maior abertura dos poros e a configuração da membrana, e também, a quantidade de sólidos na cerveja *in natura* Pilsen ser superior a *in natura* Red Ale.

Existem vários tipos de turvação, todas prejudiciais ao produto acabado de acordo com a Ambev (2011). O trabalho de Mattos (2007) demonstra que a partículas em suspensão, que desviam a luz incidente, tais como as células de levedura, polissacarídeos insolúveis e, principalmente, precipitados tanino-proteicos. Ademais, o desenvolvimento de micro-organismos deteriorantes, também, contribui para a turvação da cerveja.

Observa-se que houve uma redução significativa da turbidez, sólidos e da cor das amostras, demonstrando que a MF e UF é capaz de reter as partículas em suspensão presentes na alimentação. Neta et al. (2005) avaliaram a turbidez da cerveja antes e após a microfiltração, e constataram que houve uma redução de 98% da turbidez na amostra microfiltrada. Portanto, a redução da turbidez alcançada nas amostras MF foram de aproximadamente 12 e 48% para a cerveja Red Ale e Pilsen, respectivamente. No entanto, atingindo reduções maiores (83%) para cerveja malte Pilsen ultrafiltrada em membrana de

fibra oca de 50 kDa.

A cor da cerveja, além de ser um parâmetro indicador de qualidade para o consumidor, serve como um critério para avaliar a eficiência do processo de microfiltração e ultrafiltração, como uma medida alternativa para a clarificação da bebida e redução de turbidez da mesma. De acordo com os resultados de L^* (Tabela 2), foi possível observar que o processo de microfiltração e ultrafiltração promoveram clarificação dos produtos, uma vez que valores maiores representam maior transparência.

Portanto, a microfiltração e ultrafiltração aplicada nas cervejas mostraram-se processos eficientes para a clarificação, assim como os estudos realizados por Neta et al. (2005), cujo processo de microfiltração clarificou em 25% a cerveja Pilsen, tornando-a mais limpa. Cimini et al. (2017) constataram que a cerveja produzida com 100% de malte, submetida à microfiltração de fluxo cruzado, resultou em uma bebida clarificada, sendo, portanto, um processo válido para as cervejarias. Oliveira et al. (2012) realizaram a microfiltração de suco de maracujá em módulo tubular de aço inoxidável e em membrana de fibra oca de poliamida e observaram, também, que o módulo de fibra oca promoveu maior clarificação do suco. Marangoni (2018) avaliou a microfiltração com módulo de membrana plana (0,05 μm) para cerveja e verificou que apresentou redução de cor, turbidez, acidez total, sólidos solúveis, sólidos totais e aumento de pH, quando comparada com a cerveja não microfiltrada. Além disso, a microfiltração mostrou-se um processo eficaz na esterilização da bebida, garantindo a sua qualidade microbiológica.

4 CONCLUSÃO

O sistema de filtração por membranas possui eficiência na clarificação de cervejas artesanais (Red Ale e Pilsen) e sustentabilidade, a principal vantagem das membranas é a eliminação do uso de terra de diatomáceas, gerando uma economia de recursos relacionados ao descarte e tratamento da terra residual, além dos perigos causados pelo manuseio da mesma.

O processo de microfiltração e ultrafiltração pode ser uma alternativa de esterilização a frio, além de clarificar a bebida. Sendo assim, o sistema de filtração por membranas é capaz de reduzir a filtração e pasteurização em uma única etapa, otimizando o processo de produção da cerveja artesanal.

REFERÊNCIAS

BEER ART- <https://revistabeerart.com/news/ervejarias-brasil>.

BEER & BIER. Entendendo a coloração da cerveja. 2013. Disponível em: <<https://www.beerbier.com.br/blog/entendendo-a-coloracao-da-cerveja/>>. Acesso em: 10 de janeiro 2020.

BEER ART: Portal da cerveja. Disponível em: <<https://revistabeerart.com/news/ervejarias-brasil/>>. Acesso em: 15 de janeiro 2020.

AMBROSI, A.; CARDOZO, N. S. M.; TESSARO, I. C. Membrane Separation Processes for the Beer Industry: a Review and State of the Art. **Food Bioprocess Technology**, v. 7, p. 921-936, 2014.

BRASIL. A cerveja no Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. – MAPA. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/publicacoes/a-cerveja-no-brasil-28-08.pdf/view>>. Acesso em: 31 out. 2020.

CERVBRASIL - Associação brasileira da indústria cervejeira. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/curiosidades. Acesso em 10 Junho de 2020.

CIMINI, A.; FRANCESCO, G.; PERRETTI, G. Effect of crossflow microfiltration on the clarification and stability of beer from 100% low-b-glucan barley or malt. **Food Science and Technology**, v. 86, p. 55-61, 2017.

FLACSO- Faculdade Latino Americana de Ciências Sociais. Consumo de bebidas alcoólicas no Brasil: Estudo com base em fontes secundárias. Disponível em: <http://www.flacso.org.br>. Acesso em: 10/05/2020.

GAN, Q.; HOWELL, R. W.; ENGLAND, R.; BIRD, M. R.; MEKECHINE, M. T. Beer clarification by microfiltration - product quality control and fractionation of particles and macromolecules. **Journal of Membrane Science**, v. 194, p. 185-196, 2001.

HARISHA, S. **An Introduction to Practical Biotechnology**, Laxmi Publications, 42-60, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 371- 372. 2008.

JUNIOR, A. A. D.; VIEIRA, A. G.; FERREIRA, T. P. Processo de produção de cerveja. **Revista Processos Químicos**, v. 3, n. 6, p. 61-71, 2009.

MAGALHÃES, M. P.; GOMES, F. S.; MODESTA, R. C. D.; DA MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C. Conservação de água de coco verde por filtração com membrana. **Food Science and Technology**, v. 25, p.41, 2005.

MARANGONI, A.B. Avaliação da microfiltração como processo alternativo à pasteurização da cerveja artesanal. **Trabalho de conclusão de curso**. Universidade

Federal de Uberlândia, Curso de Engenharia de alimentos, 64 p. 2018.

MATTOS, R. C. F. Efeito das variáveis de transporte e estocagem sobre a estabilidade sensorial de cervejas tipo Pilsen. **Tese de doutorado**. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP. 2007.

MELLO, B. C. B. S.; PETRUS, J. C. C.; HUBINGER, M. D. Concentration of flavonoids and phenolic compounds in aqueous and ethanolic propolis extracts through nanofiltration. **Journal of Food Engineering**, v. 96, p.533-539, 2010.

NETA, L. S. F.; HABERT, A. C. H.; BORGES, C. P. Cerveja microfiltrada: processo e qualificação. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 2, p. 130-137, 2005.

OLIVEIRA, R. C.; DOCÊ, R. C.; BARROS, S. T. D. Clarification of passion fruit juice by microfiltration: Analyses of operating parameters, study of membrane fouling and juice quality. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 111, p. 432-439, 2012.

OLIVEIRA, R. C.; INNOCENTI, T. D.; ALVES, J. A.; BARROS, S. T. D.; MENDES, E. S. Estudo do mecanismo de *fouling* em vinho e cerveja. **CESUMAR**, v. 8, n. 1, p.97-104, 2006.

PIMENTEL, C. E. M.; SANTIAGO, I. L.; OLIVEIRA, S. K. M. S.; SERUDO, R. L. Produção de cerveja artesanal com adição de ácido ascórbico a partir de fruto amazônico. **Brazilian Journal of Development**, v.5, n. 10, p. 18553-18560, 2019.

SEGUENKA, B.; BRIÃO, V. B.; SILVEIRA, C.; SALLA, A. C. V. Clarificação de vinho tinto pelo processo de separação por membranas. **Global Science and Technology**, v. 7, n. 3, p. 119-126, 2014.

SINDICERV - Sindicato dos cervejeiros. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/>, acesso em: 14 de maio de 2019.

SINDSERV- Sindicato dos cervejeiros. 2020. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/><https://www.sindicerv.com.br/>. Acesso em: 12 abril de 2020.

TOZETTO, L. M.; DO NASCIMENTO, R. F. OLIVEIRA, M. H. de, VAN BEIK, J.;CANTERI, M. H. G. Production and physicochemical characterization of craft beer with ginger (*Zingiber officinale*). **Food Science and Technology**, v. 39, n. 4, p. 962-970, 2019.