

Avaliação da eficácia dos principais métodos de estabilização coloidal da cerveja tipo American Lager

Evaluation of the effectiveness of the main colloidal stabilization methods of the American Lager beer

DOI:10.34117/bjdv7n4-090

Recebimento dos originais: 07/03/2021

Aceitação para publicação: 05/04/2021

Danielle Ferreira da Silva

Mestranda em Biologia Celular e Molecular, pela Universidade do Estado do Amazonas – UEA

Gerente de Processo Cervejeiro

Instituição: Cervejaria Ambev - Filial Manaus

Endereço: Av. Constantino Nery, 2575, Flores. Manaus – Amazonas.

E-mail: danielle.fsilva@hotmail.com

Patrick Gomes de Souza

Pós-doutorando em Biotecnologia, pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Pesquisador em Biotecnologia

Instituição: Escola Profissional Cervejeiro – EPC

E-mail: patrickgomes@profissionalcervejeiro.com.br

Patrícia Melchionna Albuquerque

Doutora em Química, pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Professora Universitária

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas – UEA

E-mail: palbuquerque@uea.edu.br

RESUMO

A estabilização coloidal garante que a cerveja se conserve sem turvação por mais tempo, garantindo a qualidade coloidal da bebida durante seu tempo de estocagem. Neste trabalho estudaram-se três estabilizantes coloidais da cerveja para verificar qual apresentaria maior eficiência e menor custo agregado. Para isto, utilizou-se cerveja produzida em uma indústria cervejeira e foram testados quatro diferentes tipos de estabilizações envolvendo sílica, PVPP e enzima proteolítica prolina específica. Verificaram-se os resultados de extrato primitivo, turvação após 24 h, turvação permanente e estabilidade de espuma para avaliar a influência, bem como a eficiência dos diferentes métodos sobre estes parâmetros físico-químicos. Comparando-se os resultados por meio de análise estatística, não foi encontrada nenhuma diferença significativa entre os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos avaliados. Por meio de um estudo econômico preliminar, e observando as vantagens de cada método, conclui-se que a melhor opção de estabilização coloidal para a cerveja investigada foi a que envolveu somente a dosagem da enzima proteolítica prolina específica.

Palavras-Chave: Turvação, Cerveja, Estabilidade Coloidal, Sílica, Pvp, Protease Prolina Específica.

ABSTRACT

Colloidal stabilization ensures that the beer is kept without turbidity for longer, ensuring the colloidal quality of the beverage during its storage time. In this work, three colloidal stabilizers of beer were studied to verify which one would present greater efficiency and less aggregate cost. For this, beer produced in a brewing industry was used and four different types of stabilizations involving silica, PVPP and specific proteolytic enzyme proline were tested. The results of primitive extract, turbidity after 24 hours, permanent turbidity and foam stability were verified to evaluate the influence, as well as the efficiency of the different methods on these physical-chemical parameters. Comparing the results through statistical analysis, no significant difference was found between the results obtained for the physicochemical parameters evaluated. Observing the advantages of each method, it is concluded that the best colloidal stabilization option for the investigated beer was the one that involved only the dosage of the specific proteolytic enzyme proline.

Keywords: Turbidity, Colloidal Stability, Pvpp, Specific Proline Protease, Beer.

1 INTRODUÇÃO

Existem diversas variáveis durante o processo de produção de cerveja que influenciam na formação de turvação no produto acabado. Entre os principais, pode-se citar a qualidade da matéria-prima, a coagulação proteica durante a fervura do mosto, o tempo de permanência do fermento no tanque fermentador, a temperatura de maturação, a dosagem uniforme de estabilizantes e a temperatura durante a filtração.

Quatro matérias-primas são necessárias para a produção de cerveja: malte de cevada, lúpulo, água e levedura (SALES e SOUZA, 2021). A malteação da cevada é a etapa na qual são produzidas as enzimas a partir da indução à germinação dos grãos de cevada (BAMFORTH, 2003; MORADO, 2017); envolve o controle do umedecimento com água e posterior germinação sob condições controladas de temperatura com o intuito de formação das enzimas necessárias à hidrólise dos polissacarídeos e do amido presente no grão (SIQUEIRA et al., 2008; OLIVER e MENDES, 2020).

Passado o processo de malteação da cevada o malte é direcionado para as cervejarias onde segue com processo de moagem. O objetivo principal da moagem é expor a parte amilácea do grão de malte para a etapa posterior de hidrólise de amido, a mosturação. Durante este processo mecânico a casca deve ser preservada cuidadosamente (KUNZE, 1999; OLIVER e MENDES, 2020).

A mosturação é a etapa seguinte do processo e tem por objetivo promover a hidrólise do amido a açúcares fermentescíveis (maltose, glicose e maltotrioses) juntamente com dextrinas de cadeias curtas ou longas (KUNZE, 1999). Desta forma, se

faz necessária a filtração que tem como objetivo a separação do bagaço de malte do mosto líquido, levando-se em conta os aspectos qualitativos e econômicos, ou seja, obtenção máxima de extrato e rapidez de operação (ZUPPARDO, 2010).

Após a filtração, o mosto é separado e cozido juntamente com o lúpulo a aproximadamente 100°C. Durante esta etapa há inativação das enzimas e esterilização do mosto. Há também formação de compostos responsáveis pela cor e sabor do produto, através da reação de Maillard e caramelização, além da extração de compostos de amargor e aromáticos do lúpulo. Nesta etapa é possível remover, por evaporação, compostos voláteis indesejáveis, como o dimetil sulfito – DMS (SIQUEIRA et al., 2008).

Durante a etapa de fervura, ocorre a formação do trub, o qual é resultado da coagulação proteica, e deve ser separado do mosto para evitar a formação de turvação. O equipamento utilizado para este processo é o Whirlpool, o qual remove as partículas através da força centrípeta.

Para transformar o mosto em cerveja, os açúcares presentes no mosto devem ser convertidos em álcool por meio da ação das enzimas, presentes na levedura. Esta etapa de conversão recebe o nome de fermentação, realizada pela inoculação de leveduras. O impacto das leveduras na produção, qualidade e segurança de alimentos e bebidas está intimamente ligado à espécie e atividade biológica (CARNEIRO, 2010). As variedades de leveduras mais utilizadas são: *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces carlbergensis* e *Saccharomyces monascensis* (ZUPPARDO, 2010).

A etapa posterior é a maturação que consiste no armazenamento da cerveja fermentada a baixa temperatura durante um determinado período de tempo (SOUZA, 2015). Uma lenta fermentação ocorre na cerveja, proporcionando a clarificação por precipitação de leveduras e proteínas, assim como de sólidos solúveis. Além destas, ocorrem alterações químicas que auxiliam a clarificação e melhoram o aroma e sabor. Ao iniciar-se a maturação, a maior parte dos açúcares foi metabolizado a álcool etílico, gás carbônico, glicerol, ácido acético e álcoois superiores (BAMFORTH, 2003; MORADO, 2017).

Os três principais objetivos da maturação são: a carbonatação feita pela contra-pressão do próprio tanque, clarificação e maturação do sabor (CARNEIRO, 2010; SANTOS et al., 2021). Após a maturação a cerveja é filtrada. Esta etapa consiste na remoção das células de levedura e outras substâncias causadoras de turbidez que ainda estão presentes na cerveja. Ao mesmo tempo, removem-se substâncias que em algumas semanas precipitariam e tornariam a cerveja turva. Sendo assim, o objetivo da filtração é

tornar a cerveja tão estável que nenhuma mudança visível ocorra por um longo período, de forma que a cerveja envasada tenha a mesma aparência de quando foi fabricada (KUNZE, 1999; OLIVER e MENDES, 2020).

Assim como outros produtos alimentícios, vários aspectos de qualidade da cerveja estão sujeitos a sofrer alteração durante a estocagem. A vida de prateleira da cerveja é determinada pela deterioração do sabor e surgimento de turbidez, sendo estes regidos pela estabilidade microbiológica, coloidal, espuma, cor e sabor do produto acabado (VANDERHAEGEN et al., 2006; MORADO, 2017). Os dois primeiros referem-se, geralmente, à turvação, sendo a estabilidade biológica causada por microrganismos e evitada com esterilizações e boas práticas de fabricação (LEIPER e MIEDL, 2008).

A instabilidade biológica envolve a contaminação por microrganismos, como bactérias, fungos e leveduras, provenientes da matéria-prima ou do processamento (SIQUEIRA et al., 2008; SOUZA e SALES, 2020). Uma grande variedade de leveduras e bactérias pode se desenvolver na cerveja, causando a deterioração do produto, especialmente se as condições de estocagem forem insatisfatórias e houver incorporação de oxigênio (PRIEST, 2006; HILL, 2008). Felizmente, nenhum desses organismos é patogênico, sendo o único problema a consistência da aparência do produto e sua qualidade (PRIEST, 2006).

A instabilidade não biológica é proveniente de uma série de reações químicas envolvendo proteínas, carboidratos, polifenóis e íons metálicos que alteram a estrutura física do produto. Existem dois tipos principais de turvação coloidal, a turvação a frio e a turvação permanente (MIOTTO et al, 2021). A turvação a frio é definida como a turvação coloidal que aparece na cerveja quando esta é resfriada, e se dissolve novamente quando aquecida até 20°C. Com o tempo, esta turvação se transformará em permanente e não se dissolverá mais, mesmo sendo aquecida (KUNZE, 1999; STEWART, 2006).

A sílica gel é um importante agente estabilizador, ligando-se aos polipeptídios hidrofílicos, mas tem pouco efeito sobre os polipeptídios hidrofóbicos que promovem a espuma. Eles são utilizados em quantidades de 50-150 g/hL e são geralmente dosados na cerveja antes da filtração. Existem dois tipos de sílica gel utilizados na fabricação da cerveja; hidrogel, que tem um teor de umidade de mais de 30%, e xerogel (géis secos) com um teor de água de 5% (STEWART, 2006).

O Polivinilpirrolidina (PVPP) é um composto orgânico fortemente insolúvel em todos os solventes conhecidos e na água somente intumescce, devendo ser bem agitado para garantir a eficiência de estabilização (KUNZE, 1999). Esta substância é um

adsorvente que se liga a polifenóis responsáveis pela turvação sem afetar a qualidade da cerveja (LEIPER e MIEDL, 2008). O PVPP remove os polifenóis de maior peso molecular, por ter uma estrutura muito semelhante à do aminoácido prolina (SIQUEIRA et al., 2008).

As enzimas proteolíticas são empregadas como agentes estabilizantes, mas com o advento de géis de sílica, elas tornaram-se menos populares. As enzimas utilizadas incluem papaína (obtida a partir do látex de papaia), bromelina (a partir de ananás), e ficina (a partir de figos). Estas preparações de enzimas não são muito específicas, e, assim como a hidrólise de proteínas específicas de turvação, muitas vezes hidrolisam os polipeptídios hidrofóbicos da espuma. Conseqüentemente, a utilização destas enzimas frequentemente requer a adição de um agente de espuma de reforço, tal como alginato de propileno glicol (STEWART, 2006).

Considerando a importância da estabilização coloidal da cerveja, sua influência na qualidade do produto e os métodos utilizados para garantir a estabilização, bem como os custos intrínsecos a cada um dos métodos, neste trabalho foram investigadas as seguintes hipóteses: (i) a utilização de aditivos durante o processo cervejeiro garante a estabilidade coloidal da cerveja; (ii) pode-se obter maior eficiência de estabilização utilizando-se enzimas proteolíticas frente aos métodos mais convencionais e (iii) o método enzimático apresenta vantagem econômica ao processo.

Sendo assim, neste trabalho foram avaliados e comparados os principais métodos de estabilização coloidal da cerveja tipo American Lager.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 AMOSTRAS DE CERVEJA

A cerveja estudada foi produzida em uma cervejaria industrial na cidade de Manaus, utilizando o método descontínuo e a tecnologia High Gravity, ou seja, produzindo mosto concentrado para sua posterior diluição durante a filtração.

No intuito de comparar a efetividade de cada um dos estabilizantes da cerveja, realizaram-se quatro diferentes métodos de estabilização: (1) estabilização dupla com sílica hidrogel e PVPP; (2) enzima proteolítica prolina-específica e PVPP a 12 g/hL; (3) enzima proteolítica prolina-específica e PVPP a 6,0 g/hL; e (4) somente enzima proteolítica.

As concentrações e o momento de dosagem dos estabilizantes estão dispostos na Tabela 1. Para cada estabilização foram analisadas 25 amostras para consolidação dos resultados.

Tabela 1. Métodos de estabilização estudados.

ESTABILIZAÇÃO	ESTABILIZANTE 1	ESTABILIZANTE 2	MOMENTO DA DOSAGEM
Estabilização 1	SÍLICA 80g/hL	PVPP 12 g/hL	Resfriamento da cerveja fermentada
Estabilização 2	PROTEASE 1,5g/hL	PVPP 12 g/hL	Resfriamento do mosto e da cerveja fermentada
Estabilização 3	PROTEASE 1,5g/hL	PVPP 6g/hL	Resfriamento do mosto e da cerveja fermentada
Estabilização 4	PROTEASE 1,5g/hL	-	Resfriamento do mosto

2.2 ESTABILIZANTES

Sílica e PVPP

Solubilizou-se o PVPP durante 2 horas em água carbonatada, e o mesmo foi dosado numa relação de 12 g de PVPP/hL de cerveja. Em seguida, adicionou-se sílica hidrogel na proporção de 80 g de sílica/hL de cerveja e a solução ficou sob agitação constante por mais 60 minutos, sendo dosada durante o resfriamento da cerveja para maturação, de forma homogênea.

Enzima proteolítica e PVPP

Para as enzimas proteolíticas prolina-específicas foi utilizada a relação de dosagem de 1,5 g de enzima/hL de mosto frio a 12°P. O seu preparo consistiu em basicamente diluir o volume de dosagem para 10 vezes o seu valor em água natural. Após a diluição, ocorreu a dosagem no início da fermentação do tanque fermentador, logo após o recebimento do mosto frio no tanque. Este procedimento foi realizado após a dosagem de fermento para evitar a desnaturação da enzima no baixo pH da levedura.

Durante a etapa de transferência para a maturação, ocorreu o preparo do PVPP conforme descrito no item acima, e após seu tempo de solubilização, este foi dosado ao longo do resfriamento da cerveja de forma homogênea e contínua.

Para verificar a influência da taxa de dosagem de PVPP no produto acabado, variou-se sua relação de dosagem, sendo feitos testes com 12 g de PVPP/hL de cerveja e outros com 6,0 g de PVPP/hL de cerveja.

2.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Extrato Primitivo

As análises foram realizadas conforme a metodologia da European Brewery Convention - EBC (1997), utilizando aparelho Beer Analyser II, específico para leitura de cerveja, que consiste em um equipamento multiparamétrico com leitura por meio de espectrofotometria. Uma amostra de 200 mL de cerveja foi descarbonatada por agitação, em um frasco Erlenmeyer até completa eliminação dos gases presentes na cerveja e com auxílio de uma seringa, 10 mL de cerveja foram injetados no aparelho Beer Analyser II. Os resultados foram expressos em grau Plato (°P) de extrato primitivo.

Turvação em 24 horas

A turvação 24 horas representa a turvação a frio da cerveja. A análise foi realizada conforme a metodologia da EBC (1997). Uma amostra de 100 mL de cerveja foi colocada em banho de álcool a 0°C por um período de 24 horas. Em seguida, foi retirada do banho e procedeu-se a leitura em um turbidímetro. A diferença da turbidez em temperatura ambiente em relação à turbidez a frio foi definida como o valor de turvação a frio. Os resultados foram expressos em unidades EBC (European Brewery Convention) (MCKEOWN et al., 2003).

Teste Forçado

O teste forçado representa a análise da turvação permanente contida na cerveja e simula a condição da mesma durante sua estocagem no mercado. Inicialmente, garrafas de cerveja foram estocadas a 60°C durante 6 dias, seguido por 2 dias a 0°C. A garrafa então foi aberta e vertida em uma cubeta de vidro e a turbidez medida em um turbidímetro em unidades EBC (SIEBERT et al., 2005).

Estabilidade da Espuma

A estabilidade da espuma foi analisada pelo método NIBEM onde se avaliou a quantidade de segundos que a espuma se manteve estável. A cerveja foi vertida em um copo, e uma placa de agulhas foi colocada sobre o mesmo de forma a entrar em contato com a parte superior da espuma. Estas agulhas sentem a condutividade da espuma, diferenciando-a do líquido a partir do ar presente acima da espuma. Com a diminuição da espuma, as agulhas perdem o sinal da condutividade e enviam uma mensagem ao motor, que faz com que as placas desçam mais até entrar em contato com a espuma novamente.

Este processo continua até o ponto em que não houver mais espuma, claramente, quanto mais rápido as agulhas descenderem, menos estável é a cerveja. A taxa de redução, contabilizada até o esgotamento da espuma, é contabilizado em um visor digital, em termos de segundos. Ou seja, mede-se por quantos segundos a espuma se manteve estável (BAMFORTH, 2003).

2.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para verificar se existiam diferenças significativas entre as médias, aplicou-se o teste de F. Através dele, pôde-se saber se pelo menos duas médias de tratamentos diferiam entre si. A seguir, utilizou-se o método de Tukey para comparar as médias e classificá-las, considerando-se como diferença significativa valores de p maiores que 5%. Os cálculos estatísticos foram obtidos pelo programa computacional Sisvar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre os resultados de extrato primitivo, turvação em 24 horas e turvação pelo teste forçado a partir dos diferentes tipos de estabilização testadas encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Análises físico-químicas de extrato primitivo, turvação 24 horas e teste forçado das diferentes estabilizações testadas.

Análises	Estabilização 1	Estabilização 2	Estabilização 3	Estabilização 4
Extrato Primitivo (°P)	11,16 ± 0,01	11,13 ± 0,01	11,14 ± 0,04	11,11 ± 0,01
Turvação 24 horas (EBC)	0,67 ± 0,08	0,58 ± 0,12	0,63 ± 0,05	0,67 ± 0,03
Turvação teste forçado (EBC)	0,96 ± 0,80	0,65 ± 0,07	0,78 ± 0,08	1,06 ± 0,45

O extrato de uma cerveja é uma medida, em graus Platos, da concentração (em massa) das diversas substâncias presentes na cerveja em relação ao solvente que, neste caso, é a mistura da água e álcool (KUNZE, 1999). Sendo assim, nota-se que a variação dos estabilizantes adicionados nos testes não afeta a concentração final do produto acabado. Além disso, através deste valor pode-se verificar que a cerveja possui a características do tipo American Lager, pois de acordo com Papazian (2006), estas

cervejas possuem extrato primitivo 10 e 11,5°P, sendo esta uma de suas características marcantes, pois está diretamente ligada com a leveza da mesma.

Sabe-se que a turvação da cerveja, pelo teste forçado, sem a utilização de nenhum estabilizante possui valor médio de 9,22 EBC, conforme reportado em trabalhos de outros autores (GORESTEIN et al., 1990; ZUPPARDO, 2010). De acordo com Nguyen et al (2008), a partir de 6 EBC a cerveja já apresenta o visual totalmente turvo, perdendo seu brilho.

Dentre os tipos de estabilização utilizadas, a mais eficaz, ou seja, aquela que mais reduziu a turvação coloidal permanente da cerveja foi a estabilização 2, onde utilizou-se a enzima proteolítica na taxa de dosagem de 1,5 g/hL de cerveja e o PVPP na taxa de 12 g/hL.

O segundo melhor resultado de turvação permanente ocorreu com o uso da estabilização 3, na qual também foi usada a estabilização dupla de protease e PVPP, alterando somente a taxa de dosagem do último, sendo este o principal motivo para o aumento do valor de turbidez encontrado, já que reduziu-se a quantidade de adsorvente dos polifenóis, deixando-os mais livres para se ligarem às prolinas presentes.

Segundo Gorestein (1990), a eficiência das estabilizações com PVPP é relacionada com a diminuição do teor de polifenóis na cerveja estabilizada quando comparada com a que não recebeu nenhum tratamento de estabilização.

A outra estabilização dupla testada, ou seja, que atua em duas fontes de turvação é a combinação entre a sílica e o PVPP. Neste caso, nota-se que os valores encontrados para turvação estão próximos dos valores obtidos com enzima proteolítica e PVPP, porém são maiores. A sílica apresenta resultados de estabilização medianos (Bamforth, 1999).

Embora a estabilização 4 tenha apresentado o maior valor de turbidez permanente entre os testes realizados, o seu resultado foi satisfatório, pois o valor obtido está dentro do limite considerado admissível para o produto, o qual é de no máximo 2,5 EBC na empresa cervejeira onde o trabalho foi realizado. Com a utilização da enzima, entretanto, não foi observada nenhuma amostra com valor fora de faixa.

Com exceção do resultado acima da especificação, todos os resultados encontrados são menores que aqueles encontrados por Gorestein (1990) para estabilização da cerveja via tratamento com PVPP. Já quando comparados com os resultados obtidos por McMurrugh (1984), são, em alguns casos, maiores. Entretanto, no trabalho de McMurrugh (1984) a taxa de dosagem de PVPP foi de 50g/hL, explicando

o motivo da grande eficácia do mesmo, visto sua alta taxa de dosagem quando comparada com a utilizada neste trabalho.

A partir da análise estatística, aplicando o Teste de Tukey para comparação das médias dos resultados obtidos (Tabela 3), nota-se que para os valores de turvação permanente nenhuma das médias difere significativamente entre si. O valor P encontrado para estes dados foi de 0,347 e, portanto, é maior que o nível de significância de 5%, concluindo-se, desta forma, que não existem diferenças estaticamente significativas entre os tipos de estabilização testados. Além disso, o valor F encontrado foi de 1,161, o qual é menor que o F crítico, de 3,049, então a hipótese de igualdade entre os grupos é válida.

Tabela 4. Análise estatística dos resultados obtidos a partir dos diferentes tipos de estabilização estudados.

Parâmetros Físico-Químicos	valor-P	F	F crítico	Conclusão ^a
Extrato Primitivo	0,096	2,864	3,863	Sem variação significativa
Turvação 24 horas	3,959	0,036	3,490	Sem variação significativa
Turvação Teste Forçado	0,347	1,161	3,049	Sem variação significativa
Estabilidade da Espuma	0,921	0,160	3,411	Sem variação significativa

^a Considerando significância de 5%.

Observa a influência da taxa de dosagem de PVPP nos valores de turvação permanente, obtidas através do teste forçado, e turbidez 24 horas das estabilizações envolvendo a dosagem de proteases. No estudo realizado por Gorestein (1990), observa-se que as amostras com menor teor de anticianogênios foram aquelas que utilizaram PVPP para sua estabilização, comprovando que a influência deste aditivo é nos polifenóis presentes no meio.

Além disso, nota-se que um valor mais alto de turvação 24 horas gera uma maior turvação permanente. Isto se deve ao fato da turvação a frio, a qual é reversível, transformar-se na turvação permanente, já que ambas possuem a mesma composição, quando não tratadas. Entretanto, há casos em que uma alta turvação a frio não resulta em uma alta turvação permanente, pois a turvação a frio pode ser removida na filtração antes do envase, desde que a cerveja se mantenha a baixas temperaturas (LEIPER e MIEDL, 2008).

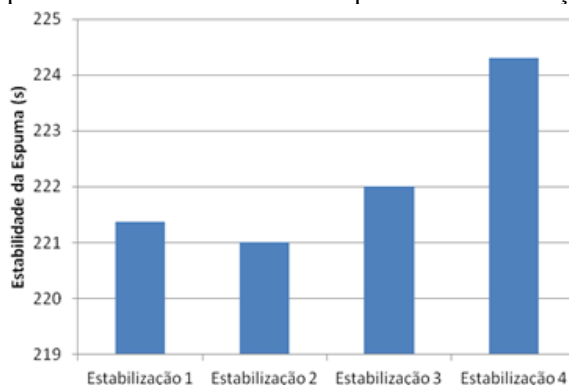
Uma das principais preocupações na utilização de enzimas proteolíticas no processo industrial da cerveja é a interferência destas na estabilidade da espuma do

produto acabado. Segundo Stewart (2006), as enzimas proteolíticas não específicas, tais como a papaína, bromelina e ficina, quebram as proteínas formadoras da turvação e, ocasionalmente, hidrolisam polipeptídios hidrofóbicos específicos. A Figura 1 mostra os valores de espuma encontrados nos testes onde houve a dosagem da enzima proteolítica específica.

Para analisar os dados apresentados na Figura 1, realizou-se o teste de Tukey a fim de verificar se existe diferença significativa entre as médias dos resultados obtidos. Através do método analítico observou-se que nenhuma das estabilizações apresenta variações significativas, uma vez que o valor P encontrado foi de 0,921 e o F calculado foi maior que o F crítico (Tabela 3).

Observa-se também, que o melhor resultado de espuma ocorreu na estabilização que apresentou o maior resultado de turvação permanente, isto pode ocorrer devido à quantidade de proteínas presentes na cerveja da estabilização 4 serem maiores que nas demais e, com isto, possuir maior número de moléculas de proteínas hidrofóbicas, aumentando a estabilidade da espuma. Porém, a mesma relação não é observada no trabalho de Zuppardo (2010), mostrando que não é possível relacionar diretamente os resultados de estabilidade de espuma com os valores de turvação permanente.

Figura 1. Comportamento da estabilidade de espuma com a utilização da protease.



4 CONCLUSÃO

Entre os tipos de estabilização testados, o mais eficiente foi aquele envolvendo a combinação de uma protease e o PVPP, com taxa de dosagem de 12 g/hL de cerveja. Sendo assim, pode-se concluir que todos os estabilizantes testados são eficientes, porém o mais viável para utilização em escala industrial é a enzima proteolítica prolina-especifica, devido aos seus resultados de estabilização satisfatórios e seus custos de implantação e dosagem serem baixos.

REFERÊNCIAS

BAMFORTH C. Beer: Tap Into The Art of Science of Brewing. 2.ed. Nova Iorque: Oxford University, 2003.

BAMFORTH, C. W. Beer haze. Journal of the American Society of Brewing Chemists. v. 57, n. 3, p. 81-90, 1999.

BAMFORTH, C. W.; MITCHELL, A. E.; HONG Y. J.; MAY J. C.; WRIGHT, C. A. A comparison of Polyvinylpyrrolidone (PVPP), Silica Xerogel and a Polyvinylpyrrolidone (PVP)– Silica co-product for their ability to remove polyphenols from beer. Journal of the Institute of Brewing. v. 111, n. 1, p. 20-25, 2005.

CARNEIRO, D. D. Estudo computacional da etapa fermentativa da produção de cerveja e proposta de uma estratégia de controle para o processo. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica. Rio de Janeiro. 2010.

EATON B. An Overview of Brewing. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. Handbook of Brewing, 2.ed. Boca Raton: Taylor e Francis Group, 2006.

EDENS, L.; VAN DER LAAN, J. M.; CRAIG, H. D. Turvação da cerveja a frio mecanismos e prevenção por meio de proteases específicas para prolina, 2006. Disponível em:

<http://www.globalfood.com.br/site/site/arquivos/Brewers_Clarex_artigo_técnico_0806.pdf>. Acesso em 24 de junho de 2012.

ENGINEERING FOODS. Disponível em: <<http://engefoods.blogspot.com.br/2011/05/fluxogramas-de-producao-de-cerveja.html>>. Acesso em: 27 de junho de 2012.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION. Analytica EBC. Método 9.30 Prediction of Shelf-Life of Beer. Verlag Hans Carl, Getränke Fachverlag, Nürnberg, Alemanha, 1998.

GORESTEIN, S.; MOSHE, R.; WOLFE, F. H.; BERLINER, M.; ROTENSTREICH, A.; TILIS, K. Characterization of stabilized and unstabilized beers. Journal of Food Biochemistry. v. 14, p. 161-172, 1990.

HILL, A. E. Microbiological Stability of Beer. In: BAMFORTH, P. H. Beer: A Quality Perspective. Califórnia: Academic Press, 2008.

JANSON, L. W. Brew chem 101: the basics of homebrewing chemistry. Pownal: Storey Communications, 1996.

KUNZE, W. Technology Brewing and Malting. Berlin: VLB, 1999.

LEIPER, K. A.; MIEDL, M. Brewhouse Technology. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. Handbook of Brewing, 2.ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006.

LEIPER, K. A.; MIEDL, M. Colloidal Stability of Beer. In: BAMFORTH, P. H. Beer: A Quality Perspective, Califórnia: Academic Press, 2008.

MCKEOWN, I. P.; THOMPSON M.; STEWART, G. G. A Comparison of the selective removal of beer polyphenols by Lucilite TR and Polyvinylpolypyrrolidone from all-malt Lager. *Master Brewers Association of the Americas*. v. 40, n. 1, p. 17-19, 2003.

MCMURROUGH, I. Effect of PVPP dosage on the flavanoid content of beer and consequences for beer quality. *Brew Digest*. v. 59, 1984

MIOTTO, M.; COLET, R.; FERNANDES, I.A.; GRIEP, P.; STEFFENS, C.; JUNGES, A.; STEFFENS, J.; VALDUGA, E. Clarificação de cervejas artesanais utilizando processo de separação por membranas. *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, 7(1), p. 9326-9341. Jan. 2021.

MORADO, R. *Larousse da Cerveja: A história e as curiosidades de uma das bebidas mais populares do mundo*. São Paulo: Alaúde Editorial, 2017. 440 p.

NGUYEN, M.; VAN ROON, J.; EDENS L. Boost savings by removing cold stabilization. *Brauwelt International*. p. 311 – 314, 2007.

OLIVER, G.; MENDES, I. *O Guia Oxford da Cerveja*. São Paulo: Blucher, 2020. 1056 p.

PAPAZIAN, C. *The New Complete Joy of Home Brewing*. 2.ed. Nova Iorque: Avon Books, 1991.

PAPAZIAN, C. Beer Styles: Their Origins and Classification. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. *Handbook of Brewing*, 2.ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006.

PRIEST, F. G. Microbiology and Microbiological Control in the Brewery. In: PRIEST, F.G.; STEWART, G. *Handbook of Brewing*, 2.ed. Boca Raton: Taylor e Francis Group, 2006.

ROBERTS, T. R.; WILSON R. J. H. Hops. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. *Handbook of Brewing*, 2.ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006.

SALES, L.; SOUZA, P.G. Produção de cerveja do estilo Catharina Sour com Araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, 7(1), p. 1599-1613. 2021.

SANTOS, M.A.S.; RIBEIRO, P.V.L.; ANDRADE, C.P.; MACHADO, A.R.G.; SOUZA, P.G.; KIRSCH, L.S. Physicochemical and sensory analysis of craft beer made with soursop (*Annona muricata* L.). *Acta Sci. Poli. Technol. Aliment*. 20(1) 2021, 103-112.

SOUZA, L.M.; SALES, W.B. Análise microbiológica de sorvetes self-service sabor chocolate nas cidades de Pinhais-PR e Curitiba-PR. *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, 6(3), p. 14011-14023. 2020.

SIEBERT, K. J.; CARRASCO, A.; LYNN, P. Y. Formation of protein-polyphenol haze in beverages. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. v. 44, n. 8, p. 1997–2005, 1996.

SIEBERT, K. J.; LYNN, P. Y.; CLARK, D. F.; HATFIELD, G. R. Comparison of methods for assessing colloidal stability of beer. *Master Brewers Association of the Americas*. v. 42, n. 1, p. 7-12, 2005.

SILVA, F.; FERREIRA, I. M. P. L.; TEXEIRA, N. Polipeptídeos e Proteínas com Influência na qualidade da espuma da cerveja e métodos analíticos utilizados no seu estudo. *Química Nova*. v. 26, n. 6, p. 1326-1331, 2006.

SINDICERV - SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CERVEJA. Mercado da Cerveja. Disponível em: < <http://www.sindicerv.com.br/atuacao.php>>. Acesso em 20 de abril de 2012.

SIQUEIRA, P. B.; BOLINI H. M. A.; MACEDO, G. A. O Processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. *Alimentos e Nutrição*. v. 19, n. 4, p. 491-498, 2008.

SOUZA, Patrick Gomes de. Estudo do potencial biotecnológico do rizoma de Zingiber zerumbet L. Smith como adjunto na produção de cerveja artesanal. 2015. 71 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

STEWART, G. Beer Stability. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. *Handbook of Brewing*, 2.ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006.

TSCHOPE, E. C. *Microcervejarias e Cervejarias: a História, a Arte e a Tecnologia*. p. 223, São Paulo: Aden, Brasil, 2001.

VANDERHAEGEN, B.; NEVEN H.; VERACHTERT H.; DERDELINCKX, G. The chemistry of beer aging – a critical review. *Food Chemistry*. v. 95, p. 357-381, 2006.

VENTURINI FILHO, W. G.; CEREDA, M. P. Hidrolisado de fécula de mandioca como adjunto de malte na fabricação de cerveja: avaliação química e sensorial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 18, n. 2, 1998.

ZUPPARDO, B. Uso de goma Oenogum para estabilização coloidal e de espuma em cerveja. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2010.