AVALIAÇÃO DO USO DE DIFERENTES COMPOSTOS ORGÂNICOS NA ESTABILIDADE DE ESPUMA DE CERVEJA TIPO PILSEN

Palavras-Chave: Bebidas-1, Fermentado-2, Estabilizantes-3.

Autores(as):

Amanda Lopes Pinheiro Barone Borges, FEA – UNICAMP

Me. Yuri Ramatis Silva Miranda (coorientador), FEA – UNICAMP

Prof. Dr. Flávio Luís Schmidt (orientador), FEA – UNICAMP

1. INTRODUÇÃO:

A cerveja é uma das bebidas alcoólicas mais consumidas no Brasil, representando 72,3% do mercado nacional, com mais de 1.700 cervejarias registradas e forte impacto econômico e social (MAPA, 2023). Entre os parâmetros sensoriais que definem sua qualidade, a estabilidade da espuma se destaca, influenciando tanto a apresentação visual quanto a percepção de aroma e sabor (Vieira, 2015). A formação da espuma depende principalmente de proteínas e polipeptídeos naturalmente presentes, mas a utilização de adjuntos no processo cervejeiro pode reduzir esses compostos, tornando comum o uso de estabilizantes adicionados. (Evans, Sheehan e Stewart, 2002).

Atualmente, diversos hidrocolóides, como o alginato de propilenoglicol (PGA), a carboximetilcelulose (CMC) e a pectina, são utilizados como agentes estabilizantes de espuma na cerveja. Estes compostos aumentam a viscosidade da fase líquida, ajudando a retardar a drenagem da espuma e a estabilizar as bolhas durante o serviço (Evans, Sheehan e Stewart, 2002; Freitas, Carmona e Brienzo, 2019). No entanto, muitos consumidores ainda veem esses aditivos como artificiais, o que leva à busca por alternativas naturais com funções semelhantes. Nesse cenário, o bagaço de malte se destaca. Esse subproduto, que representa cerca de 85% dos resíduos sólidos gerados na produção de cerveja, totaliza uma média global de 38 milhões de toneladas por ano (Linch, Steffen e Arendt, 2016). Embora tradicionalmente destinado à alimentação animal, o bagaço possui um alto potencial tecnológico devido à sua rica composição em proteínas e fibras, permitindo a extração de compostos como os xilo-oligossacarídeos (XOS) (Mussatto e Roberto, 2006).

Os XOS, obtidos por hidrólise enzimática da xilana presente no bagaço de malte, são reconhecidos por suas propriedades prebióticas e antioxidantes, além de apresentarem características físico-químicas que podem favorecer a estabilidade de espuma em bebidas. O efeito estabilizante dos XOS está associado à sua capacidade de aumentar a viscosidade localizada, reduzindo a drenagem da fase líquida e, consequentemente, melhorando a estabilidade da espuma (Freitas, Carmona e Brienzo, 2019).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação de diferentes compostos orgânicos, incluindo os xilo-oligossacarídeos extraídos de bagaço de malte, como agentes estabilizantes de espuma em cerveja tipo Pilsen, oferecendo uma comparação dos desempenhos, a fim de encontrar alternativas aos compostos utilizados no mercado. A proposta busca integrar o aproveitamento de resíduos industriais com a demanda por ingredientes naturais, contribuindo para a inovação tecnológica no setor cervejeiro.

2. METODOLOGIA:

2.1. Delineamento Experimental

Na etapa preliminar (batelada 1) os estabilizantes de interesse: xilana, extraída do bagaço de malte no laboratório, carboximetilcelulose (CMC) tipo Cekol, da marca Nouryon, alginato de propilenoglicol (PGA), Cp Kelco e pectina tipo GENU, slow set Cp Kelco, foram testados separadamente em diferentes concentrações. Seguindo da “batelada 2”, onde o delineamento experimental foi realizado utilizando o *software* Statistica®, por meio da ferramenta de Planejamento de Misturas com Restrições (Constrained Mixture Design), que gerou 8

vértices experimentais, representando combinações distintas entre os 4 fatores. Para assim avaliar a possível sinergia entre os compostos testados sobre a espuma de cerveja.

2.2. Produção da cerveja para análises

O mosto cervejeiro foi produzido com extrato de malte em pó e lúpulo Saaz (1g/L) em processo de fervura conduzido para obtenção de um mosto com 10 ºP e 8 IBU (International Bitterness Unitis) ao final. O mosto então foi fermentado com *saccharomyces pastorianus* a 15 ºC por aproximadamente 20 dias. Após esse período a temperatura foi reduzida para 1,7 ºC, permanecendo a cerveja nessas condições por mais 7 dias. Transcorrido esse período a cerveja foi engarrafada com a adição de 5,5g/L de açúcar (carbonatação por *priming*) e dos estabilizantes a serem testados de acordo com o delineamento.

2.3. Análises físico-químicas

Foi avaliado o teor alcoólico; densidade ºPlato; extratos real, original e aparente, determinados no equipamento automático de análise de cerveja *Beer Analyser* SP 1 (Anton-Paar, Áustria), e pH utilizando pHmetro digital de bancada DIGIMED DM-20. A viscosidade da cerveja produzida foi analisada a 20 °C mediante viscosímetro Brookfield LVDVIPrime ® com *spindle* e câmera (cup) Brookfield ULA, acoplada a um banho termorregulado Brookfield® para manter a temperatura.

2.4. Análise de estabilidade de espuma

A estabilidade da espuma da batelada 2 foi testada em equipamento e método NIBEM-T Foam Stability, realizado nas instalações da cervejaria AmBev Jaguariúna, onde se mede o tempo de colapso da espuma em uma altura determinada de 30mm. Em paralelo foi realizada uma análise fotográfica adaptada de Kapp e Bamforth (2002), onde as amostras de 5 mL de cerveja foram colocadas em tubos de ensaio com 1,5 cm de diâmetro e agitadas vigorosamente por 3 segundos. Uma foto e medição do tamanho da espuma é feita imediatamente e outra após 30 minutos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

3.1. Caracterização da cerveja produzida

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos no Beer Analyser para as cervejas utilizadas nos processos.

Densidade	Teor Alcóolico (%)	Extrato Real	Extrato Original	Extrato Aparente
1,00825 ± 10^-7	4,275 ± 0,006	4,115 ± 0,009	10,65 ± 0,03	2,575 ± 0,007

Tabela 1 - Valores de caracterização da cerveja.

Os resultados obtidos na caracterização da cerveja produzida indicam uma consistência entre as amostras, com valores de densidade variando entre 1,0079 e 1,0083 g/ml, e um teor alcoólico médio de 4,275%.

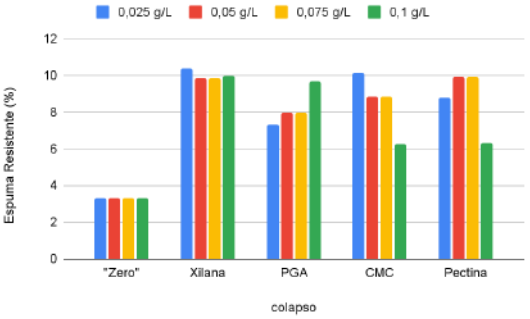
De acordo com Alves (2014), cervejas do tipo Pilsen apresentam valores típicos para diversos parâmetros físico-químicos. A densidade, por exemplo, varia, na maior parte dos casos, entre 1,007 e 1,022, enquanto o teor alcoólico está na faixa de 2,0 a 4,5% v/v. Comparando com os resultados deste estudo, observa-se que a densidade das amostras analisadas está dentro dos limites aceitáveis. O teor alcoólico médio de 4,275% encontra-se próximo ao limite superior da faixa estabelecida para este tipo de cerveja, confirmando que os padrões de produção seguidos garantiram um produto alinhado com as características tradicionais da Pilsen.

3.2. Análises da Batelada 1

Os testes realizados resultaram em fotos como as apresentadas nas figuras 1 e 2 para todos os compostos utilizados, nos tempos de 0 min e 30 min, respectivamente. Os dados obtidos são de altura de espuma formada ao minuto 0 e espuma resistente após os 30 min em milímetros do tubo de ensaio. Com estes dados foi possível plotar um gráfico normalizado que mostra a porcentagem de espuma resistente após os 30 min de acordo com a quantidade de espuma formada no tempo inicial, apresentado na figura 3.

Os testes realizados mostraram que todos os hidrocolóides avaliados, xilana, PGA, CMC e pectina, tiveram um impacto positivo na formação e estabilidade da espuma, especialmente quando comparados à amostra controle, que não continha aditivos. A altura inicial da espuma variou entre 7,65 mm e 31,82 mm, e, após 30 minutos, todas as formulações com aditivos conseguiram manter uma retenção de espuma superior. A análise adaptada de Kapp e Bamforth (2002) revelou que esses compostos ajudam a desacelerar a drenagem da fase

líquida, o que melhora a retenção da espuma, um resultado que também foi observado por Rojas (2014). A estabilidade da espuma está ligada à interação entre as proteínas da cevada e os polissacarídeos, que favorecem a formação de camadas coesas nas bolhas (Niu *et al*., 2018).



Figuras 1 e 2 - Amostras de cerveja no tubo de ensaio nos tempos 0 min e 30 min, respectivamente.
Figura 3- Gráfico de resistência da espuma em porcentagem por espuma formada.

A xilana se destacou por apresentar um desempenho consistente, independentemente da concentração utilizada. Por outro lado, o PGA, CMC e a pectina mostraram respostas que variaram conforme a dose aplicada. O CMC e a pectina se destacaram, alcançando até 2,59 mm de espuma residual, o que sugere uma maior capacidade de estabilização. Esses resultados reforçam o potencial de alguns polissacarídeos como alternativas funcionais ao PGA.

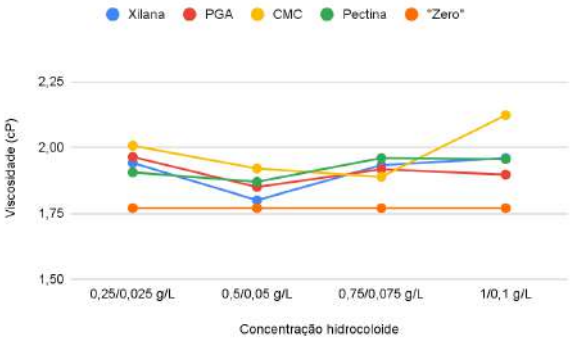


Figura 4 - Viscosidade da cerveja com hidrocolóides.

A análise de viscosidade apresentada na figura 4 também demonstrou variações entre as amostras, sendo observada uma correlação direta entre o aumento da concentração de hidrocolóides e a elevação da viscosidade. Essa relação já foi discutida na literatura, com Palmer (2006) destacando que compostos como CMC e PGA atuam como modificadores reológicos. Ainda é interessante observar que o desempenho da xilana, objeto de estudo, apresenta resultados similares aos aditivos comerciais. Em valores moderados, esse aumento de viscosidade pode ser benéfico sensação na boca e a estabilidade da espuma.

3.3. Análises da Batelada 2

Os dados apresentados na tabela 2, exibe as 8 amostras, as as variáveis independentes codificadas, e as variáveis dependentes respostas ao delineamento experimental de misturas aplicado.

Amostra	Xilana	PGA	CMC	Pectina	Visc (cP)	Densid. (g/cm3)	% Álcool	º Plato	pH	NIBEM (s)
0	0	0	0	0	1,87	1,003	5,09	1,4	4,9	185
1	1	0	0	0	1,81	1,0039	5	1,5	4,9	190
2	0,9	0,1	0	0	1,84	1,0038	5,01	1,3	4,7	185
3	0,9	0	0,1	0	1,87	1,0034	5,06	1,6	4,7	213
4	0,8	0,1	0,1	0	1,83	1,004	5	1,3	4,8	229
5	0,9	0	0	0,1	1,84	1,0004	5,41	1,6	4,7	195
6	0,8	0,1	0	0,1	1,82	1,0039	4,9	1,2	4,7	230
7	0,8	0	0,1	0,1	1,81	1,004	5	1,4	4,7	215
8	0,7	0,1	0,1	0,1	1,99	1,0037	5,01	1,4	4,7	215

Tabela 2 - Apresentação do delineamento experimental e resultado obtido por cada amostra em cada teste.

A Tabela 1 apresenta os dados físico-químicos das oito formulações plotadas pelo planejamento de misturas e além delas, foi feita uma amostra controle “0” sem adição de estabilizantes para a comparação dos resultados, destacando os efeitos dos diferentes hidrocolóides sobre a viscosidade, densidade, teor alcoólico, pH

e principalmente a estabilidade da espuma medida pelo tempo de colapso NIBEM. Todas as formulações contendo combinações de hidrocolóides apresentaram tempo de estabilidade superior ou igual à amostra controle “amostra 0”, indicando que a adição desses compostos impacta positivamente a retenção da espuma ao longo do tempo.

Os valores obtidos nas análises de densidade, teor alcoólico, ºPlato e pH tem pouca variação entre as amostras, como esperado, visto que nenhum estabilizante seria capaz de alterar significativamente estes parâmetros. E ainda assim, estão em todos os casos dentro dos valores esperados para uma cerveja do tipo Pilsen de acordo com Alves (2014) e Rojas (2014).

Amostras contendo as misturas de xilana, CMC, PGA e pectina (especialmente amostras 4, 6, 7 e 8) apresentaram os maiores tempos de estabilidade, com destaque para a Amostra 6, que atingiu 230 segundos no teste NIBEM. Esse comportamento está relacionado ao aumento da viscosidade observada nessas amostras, que varia de 1,81 a 1,99 cP, influenciando diretamente a desaceleração da drenagem da fase líquida e favorecendo a resistência da estrutura da espuma. Além disso, é importante ressaltar que a xilana utilizada isoladamente desempenha um valor NIBEM maior que a amostra controle, demonstrando sua ação, mas ainda é um valor baixo, denotando um maior valor para as amostras onde os hidrocolóides são utilizados em sinergia.

Com estes resultados, foi possível fazer a análise do gráfico de traços estimados no *software* Statistica® (Trace Plot) para a variável “colapso” (figura 5), a qual mostra que os componentes CMC e pectina apresentaram inclinação positiva, indicando efeito neutro ou negativo, ou seja, tendem a diminuir o valor de colapso, o que significa piorar a estabilidade da espuma quando adicionados isoladamente. Já a xilana e o PGA foram os compostos com inclinação negativa, evidenciando aumento do tempo de colapso e, portanto, estabilizante de espuma. Isso mostra os resultados já esperados em relação ao PGA, sendo este um estabilizante amplamente utilizado na indústria cervejeira. Mas, também sugere que a xilana, além de ter um efeito próprio positivo, pode potencializar o desempenho de outros hidrocolóides como o próprio alginato de propilenoglicol, contribuindo para a manutenção da estabilidade da espuma.

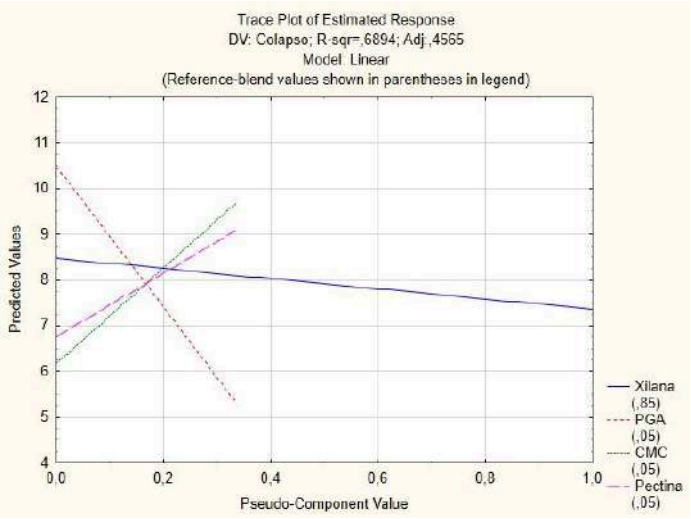
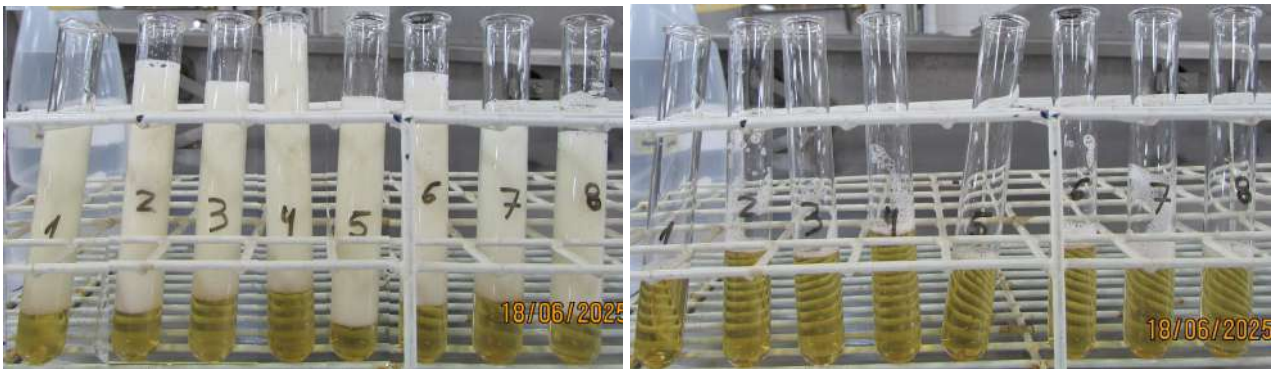


Figura 5 - Trace Plot do delineamento experimental.



Figuras 6 e 7 - Teste de altura da espuma de cerveja apresentado respectivamente nos tempos 0 e 30 minutos.

Além do teste NIBEM foi realizada a análise fotográfica, que está apresentada nas figuras 6 e 7, e reforçam as discussões já apresentadas. As formulações contendo xilana combinada com outros compostos apresentaram menor redução de volume de espuma ao longo dos 30 minutos, mantendo melhor e por mais tempo a estrutura. Esta é visualmente mais estável e foi observada nas amostras que combinavam xilana com pectina ou PGA, indicando sinergia entre esses componentes.

Com os dados obtidos nas fotografias foi possível plotar o gráfico apresentado na figura 8, onde é possível observar a porcentagem de espuma resistente em cada tubo de ensaio ao final dos 30 minutos.

O gráfico destaca o desempenho das amostras 7 e 8 assim como os resultados obtidos pelo teste NIBEM.

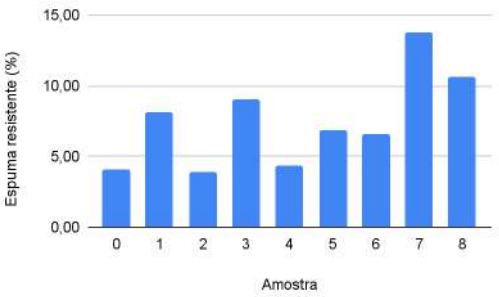


Figura 8 - Espuma resistente por amostra

4. CONCLUSÕES:

Os resultados obtidos demonstram que a xilana extraída do bagaço de malte apresenta efeito positivo na estabilidade da espuma de cerveja tipo Pilsen, atuando como um agente funcional com potencial para reduzir o colapso da espuma ao longo do tempo. Embora sua ação isolada tenha sido moderada, observou-se que a xilana contribui quando combinada a outros hidrocolóides, promovendo maior retenção de espuma e viscosidade. Dessa forma, seu uso mostra-se promissor não apenas por sua funcionalidade, mas também como estratégia para reduzir impactos ambientais e agregar valor a resíduos da indústria cervejeira, embora aspectos como custo de produção e viabilidade em escala ainda exijam aprofundamento. Sua aplicação, portanto, configura uma alternativa com potencial técnico e de sustentabilidade à substituição parcial de estabilizantes tradicionais, aliando desempenho à demanda por ingredientes mais naturais no setor cervejeiro.

---

5. BIBLIOGRAFIA

ALVES, L. M. F. **Análise físico-química de cervejas tipo pilsen comercializadas em Campina Grande na Paraíba**. 2014. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso - UEP, Campina Grande, 2014. Disponível em: https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3965/1/PDF%20-%20Lindemberg%20Martins%20Ferreira%20Alves.pdf

EVANS, D. E; SHEEHAN, M. C.; STEWART, D. C. The impact of malt derived proteins on beer foam quality. Part II: The influence of malt foam-positive proteins and non-starch polysaccharides on beer foam quality. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 105, n. 3, p. 171-178, 1999.

FREITAS, C.; CARMONA, E.; BRIENZO, M. Xylooligosaccharides production process from lignocellulosic biomass and bioactive effects. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, n. 18, 100184, 2019.

KAPP, G. R.; BAMFORTH, C. W. The foaming properties of proteins isolated from barley. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, n. 11, p. 1276-1281, 2002.

LYNCH, K.M.; STEFFEN, E.J.; ARENDT, E.K. Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health. **Journal of the Institute of Brewing,** v. 122, n. 4, p. 553-568, 2016.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. Anuário da Cerveja 2022 / Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : MAPA/SDA, 2023.

MUSSATTO, S.I.; ROBERTO, I.C. Chemical characterization and liberation of pentose sugars from brewer's spent grain. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology,** v. 81, n. 3, p. 268-274, 2006.

NIU, C. *et al*. Malt derived proteins: Effect of protein Z on beer foam stability. **Food Bioscience**, v. 25. 2018.

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

ROJAS, Sebastián Alfredo Tamayo. **Estudo do uso de hidrocolóides como estabilizante de espuma em cervejas**. 2014. Tese de Doutorado. [sn].

VIEIRA, Anderson Eduardo de Oliveira et al. Controle de qualidade físico-químico de cerveja de uma indústria paraense. 2015.