



CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CERVEJA PRODUZIDA EM FERMENTADOR TUBULAR CONTÍNUO

Ana Clara de Araújo Cardoso¹; Yuri Ramatis Silva Miranda²; Flávio Luís Schmidt³

¹Graduanda em Engenharia de Alimentos – FEA/Unicamp; e-mail: a165856@dac.unicamp.br

²Doutorando em Tecnologia de Alimentos – FEA/Unicamp; e-mail: yuriramasm@hotmail.com

³Professor Dr. Departamento de Tecnologia de Alimentos (Orientador) – FEA/Unicamp; e-mail: schmidt@unicamp.br

1. RESUMO

A etapa de fermentação é a etapa mais longa da produção de cervejas. Dessa forma, a busca de novas soluções para otimizar esse processo são essenciais. Neste sentido, o sistema contínuo de operação é relatado como uma alternativa para aumentar a produtividade do processo. O objetivo deste trabalho foi realizar a avaliação físico-química de cerveja produzida em processo contínuo, como determinação do teor de álcool, densidade, concentração de extrato, grau real de fermentação, em comparação com a cerveja produzida por processo descontínuo.

2. INTRODUÇÃO

Normalmente, quando se pensa em produção de cerveja, imagina-se grandes tanques de aço inoxidável cilindro-cônicos. Esses tanques têm apenas uma entrada e uma saída na base, para o enchimento e a descarga da cerveja e da levedura, necessitando de longos períodos para que a fermentação se finalize. O prolongado tempo requerido faz com que novas soluções sejam propostas para um maior rendimento (PIRES, 2014). Neste sentido, o processo de fermentação contínua é relatado como uma alternativa para aumento da produtividade (BRÁNYIK et al., 2008; TARKIAINEN et al., 2005; LINKO et al., 1998; PILKINGTON et al., 1998).

As vantagens da fermentação contínua de cerveja são numerosas, podendo-se citar o aumento da produtividade e a diminuição do tempo de produção. Esse processo, além de reduzir o tempo de fermentação, elimina etapas como o enchimento e a higienização dos tanques, encurtando o tempo de inatividade da linha. Também pode-se mencionar a redução do espaço necessário para o equipamento e de seus respectivos custos, como aluguel de espaço. Todos esses fatores têm o potencial de gerar uma vantagem econômica deste processo em relação ao processo em batelada (VIRKAJARV, 2001; BRÁNYIK et al., 2005; DRAGONE et al., 2007).

A categoria do reator utilizado também é relatado como uma parte fundamental para o projeto do processo fermentativo contínuo (AIBA, 1962). Reatores tubulares permitem a otimização do espaço da planta, uma melhor facilidade de higienização, além de alta produtividade e ótima conversão, realizadas simultaneamente (MOSER, 1988).

Dessa forma, faz-se importante a caracterização físico-química da cerveja produzida por processo contínuo, especialmente quando realizadas em fermentadores ainda pouco estudados para essa finalidade, como um fermentador tubular, visando o aumento de produtividade.

3. OBJETIVOS

A finalidade deste trabalho foi dar continuidade a um projeto de mestrado, onde foi proposto um modelo de fermentador tubular helicoidal com conformação ascendente, fundamentado na diferença de densidade entre o mosto de entrada e a cerveja produzida. Assim este trabalho teve como objetivo avaliar as características físico-químicas da cerveja obtida por fermentação contínua pelo fermentador tubular proposto, avaliando os períodos ótimos para sua carbonatação e maturação, necessários para ampliação de escala do processo, comparando-se os parâmetros obtidos com os alcançados no processo descontínuo que foi conduzido em paralelo.



4. METODOLOGIA

4.1 Preparação do mosto

A cerveja utilizada para as análises foram preparadas a partir de fermentação contínua e descontínua. Para ambas, elaborou-se o mosto com extrato de malte em pó Dry Brew da Liotécnica diluído em água filtrada da rede de abastecimento de Campinas-SP. A solução obtida foi fervida por 60 min. Decorridos 30 min de fervura foram adicionados pellets de lúpulo *Hallertauer Magnum*, na proporção de 1 g/L de mosto. A concentração do mosto foi corrigida ao final da fervura para 10,5 °Brix, sendo o volume armazenado sob refrigeração até sua utilização.

4.2 Fermentação descontínua

Para a realização da fermentação descontínua, o mosto armazenado sob refrigeração foi então submetido à fervura por 2 min seguido de resfriamento em banho de gelo até temperatura de inoculação, por volta de 25°C, sendo então transferido para fermentador plástico de 10 L. O mosto foi inoculado com leveduras do tipo Ale US-05 (Fermentis), pré-dissolvidas em mosto com 10,5 °Brix. A fermentação foi conduzida durante 7 dias, período suficiente para atenuação completa do mosto, a 25 °C.

4.3 Fermentação contínua

A fermentação contínua foi conduzida em um fermentador elaborado segundo fundamentos de um reator tipo *plug-flow*. O fermentador era constituído por um sistema tubular espiral (7 espirais com 68 cm cada), composto por uma mangueira de silicone grau alimentício, com 1 polegada de diâmetro interno e 15 m de comprimento. O mosto previamente preparado foi injetado na base do equipamento com auxílio de uma bomba peristáltica (vazão de 1.88 mL/min) e então bombeado para cima, perfazendo todo o percurso da mangueira. A saída da mangueira é conectada a um erlenmeyer de 2 L, acoplado a um manômetro e uma válvula de alívio, para controle da pressão interna. Todo o fermentador e o reservatório de armazenamento do produto final foi instalado no interior de um tanque refrigerado, coberto com água, para controle da temperatura de fermentação, mantida a 22 °C.

4.4 Maturação

Decorridos 20 dias de fermentação para o processo contínuo e 7 dias para o processo descontínuo as amostras foram engarrafadas em garrafas âmbar de 300 mL adicionada de açúcar na proporção de 4g/litro para efeito de carbonatação da bebida. As alíquotas foram avaliadas a cada 2 dias de maturação, onde uma garrafa era aberta e os parâmetros físico-químicos tomados. Este procedimento foi conduzido por um período de 28 dias.

4.5 Análises físico-químicas

Em seguida, realizaram-se as análises físico-químicas das cervejas produzidas para determinação de concentrações de etanol (% v/v), densidade (g/cm^3), extrato aparente (EA) e extrato real (ER) em °P, utilizando equipamento específico para análise de cervejas, o *Beer Analyser* SP 1. Para isso, as amostras foram desgaseificadas através de agitação vigorosa e filtradas em papel filtro qualitativo.



4.6 Análise Sensorial

A etapa de análise sensorial não foi realizada devido à paralisação de atividades presenciais no campus, em razão da pandemia de Covid-19. Esta atividade, conjunto com as demais faltantes, será executada tão logo a situação se normalize para essa finalidade, tendo sido, inclusive, aprovada pelo Comitê de Ética.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

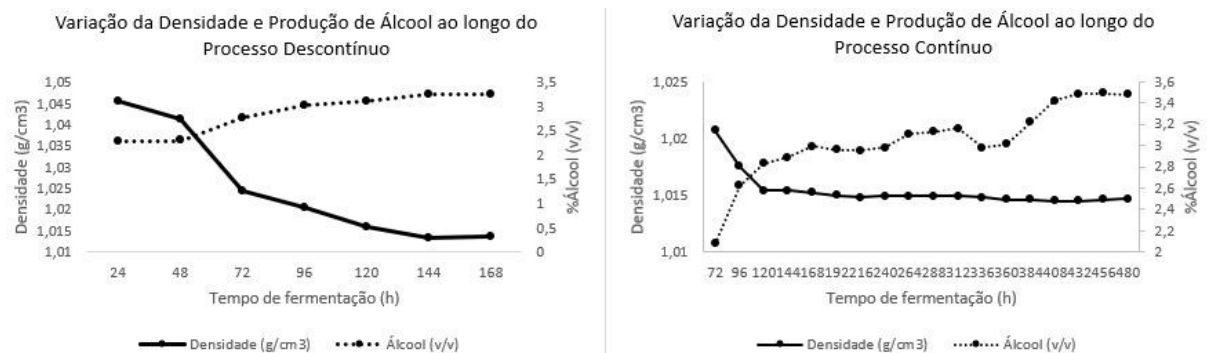


Figura 1. Variação da densidade e da %álcool (v/v) por tempo de fermentação para processo contínuo e descontínuo

Nota-se similaridade entre os processos, sendo possível observar que durante a fermentação contínua houve uma estabilidade da densidade a partir de 5 dias ($p < 0,05$), enquanto que para fermentação descontínua essa estabilização ocorreu no 4 dia de fermentação ($p < 0,05$). A estabilização da densidade é um indicativo de que a levedura já consumiu uma concentração de açúcares fermentescíveis máxima que seu metabolismo é capaz de absorver, evidenciando o final da fermentação (KUNZE, 1999). Este fato pode ser melhor observado em termos de atenuação do mosto, como pode ser visualizado na figura 2.

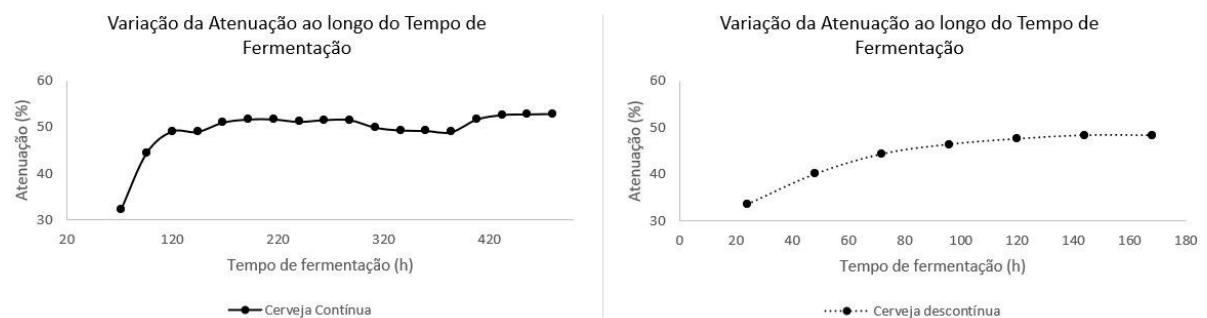


Figura 2. Variação da atenuação por tempo de fermentação para processo contínuo e descontínuo

Como pode ser observado, houve uma atenuação mais rápida e maior no processo contínuo em comparação com o processo descontínuo a partir de 120 horas de fermentação. A maior velocidade de conversão dos açúcares pode ser devido a diversos fatores como a maior viabilidade celular, permitindo concentrações celulares de levedura elevadas no biorreator em comparação com o processo descontínuo e pela a reutilização da levedura por períodos estendidos de tempo devido à regeneração constante das células (PILKINGTON et al., 1998; TATA et al., 1999; MIRANDA, 2019).

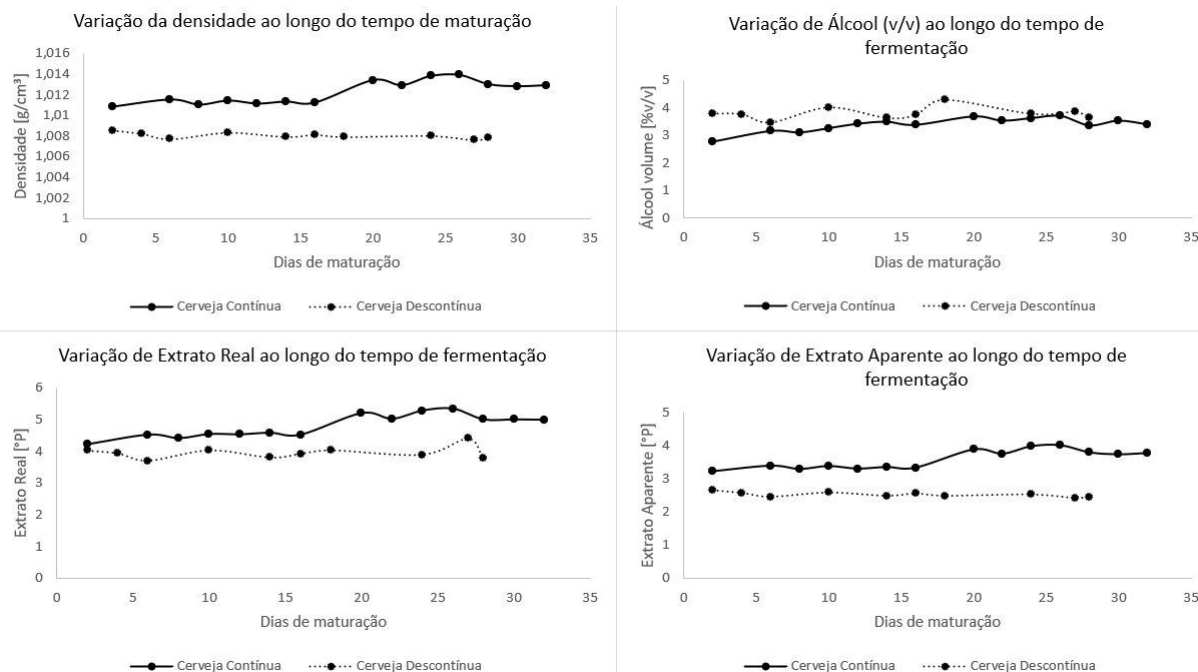


Figura 3. Variação dos parâmetros físico químicos por tempo de maturação

Como é possível observar os valores de densidade diminuíram para os dois processos (contínuo e descontínuo), quando comparados com o final da fermentação, isto pode ter ocorrido pelo consumo de açúcar utilizado para carbonatação da bebida, sendo que redução da densidade mais acentuada no processo descontínuo pode ser um indicativo da presença de uma maior concentração celular na bebida engarrafada, diferente do processo contínuo, onde a conformação do fermentador, permite um menor arraste celular para a bebida engarrafada destinada a maturação. Durante o período de maturação os valores dos parâmetros avaliados permaneceram estáveis no decorrer do período analisado. Este resultado é esperado, visto que no período de maturação a maior parte dos açúcares fermentescíveis já foram metabolizados pela levedura, sendo mantidas constantes as suas características físico-químicas.

6. CONCLUSÃO

Através da análise dos resultados, pode-se perceber que a fermentação contínua é uma alternativa atraente para a indústria, devido principalmente ao seu tempo reduzido de fermentação e produção de uma cerveja com parâmetros físico-químicos comparáveis ao de uma cerveja produzida por processo em batelada

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIBA, S. *Engenharia bioquímica*. São Paulo, SP: Fundação Centro Tropical de Pesquisa e Tecnologia de Alimentos, 1971.

BRÁNYIK, T; VICENTE, A. A.; CRUZ, J. M.M.; TEIXEIRA, J. A. **Fermentação Contínua de Cerveja Utilizando Levedura Imobilizada em Drêche**. In: IV BRAZILIAN MEETING ON CHEMISTRY OF FOOD AND BEVERAGES, 2002, Centro de convenções da Unicamp, 2002.



BRÁNYIK, T; VICENTE, A. A.; CRUZ, J. M.M.; TEIXEIRA, J. A. Continuous Beer Fermentation Using Immobilized Yeast Cell Bioreactor Systems. **Biotechnology Progress**, 21, 653–663, 2005.

BRÁNYIK, T; VICENTE, A. A.; DOSTÁLEK, P. ; TEIXEIRA, J. A. A review of flavour formation in continuous beer fermentations. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 114, n. 1, p. 3-13, 2008

DRAGONE, G.; MUSSATTO, S. I.; SILVA, J. B. de A. Utilização de mostos concentrados na produção de cervejas pelo processo contínuo: novas tendências para o aumento da produtividade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 27(supl.): 37-40, ago. 2007.

KUNZE, W. Beer production. Technology brewing and malting. **Berlin: Vlb**, p. 323-335, 1999.

LINKO, M. et al. Recent advances in the malting and brewing industry. **Journal of Biotechnology**, v. 65, n. 2-3, p. 85-98, 1998.

MIRANDA, Y. R. S. **Fermentador contínuo por gradiente de densidade para produção de cerveja**. 2019. 96 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

MOSER, A. Bioprocess technology: kinetics and reactors. **Springer Science & Business Media**, 2012.

PILKINGTON, P. H. et al. Fundamentals of immobilised yeast cells for continuous beer fermentation: a review. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 104, n. 1, p. 19-31, 1998.

PIRES, E. J. **Reduction of startup time and maintenance periods in continuous beer fermentation using immobilized yeast onto brewer's spent grains**. 2014.

TARKIAINEN, V. et al. On-line monitoring of continuous beer fermentation process using automatic membrane inlet mass spectrometric system. **Talanta**, v. 65, n. 5, p. 1254-1263, 2005.

TATA, M.; BOWER, P.; BROMBERG, S.; DUNCOMBE, D.; FEHRING, J.; LAU, V.; RYDER, D.; STASSI, P. Immobilized yeast bioreactor systems for continuous beer fermentation. **Biotechnology Progress**, v. 15, p. 105-113, 1999.

VIRKAJÄRVI, I. **Feasibility of continuous main fermentation of beer using immobilized yeast**. Espoo, 2001, 137 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia), VTT Technical Research Centre of Finland, Helsinki University of Technology