



9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

APROVEITAMENTO DE RECURSOS: INFLUÊNCIA DA TAXA DE TROCA TÉRMICA NO RESFRIAMENTO DURANTE PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL

Douglas da Silva Tristão¹; Mauro Luiz Begnini²
^{1, 2} UNIUBE

douglas.stristao@gmail.com
gestor.engenhariaquimica@uniube.br

Resumo

A cerveja está intimamente vinculada à história do homem, sendo que a produção artesanal é um ramo que se expande cada vez mais, inclusive no Brasil, havendo diversas formulações e variedades, de acordo com seu processo produtivo e suas características, sendo a *Indian Pale Ale* uma cerveja de alta fermentação, com cor de cobre e amargor característico. O processo de resfriamento prévio antes da fermentação pode influenciar em aspectos como cor, teor de sólidos suspensos e grau alcóolico, sendo que taxas de variação térmicas médias mais bruscas originam produtos com maior qualidade por apresentarem menores teores de sólidos suspensos. Para o estudo de tal situação realizaram-se as trocas térmicas com três sistemas distintos: uso de banho-maria + *chiller* (serpentina imersa e refrigerada), ocorrendo queda de temperatura mais rápida; uso apenas de banho-maria, havendo troca térmica mais branda; e uso de *chiller* apenas, ocorrendo queda de temperatura em intervalo de tempo maior aos demais casos. Conforme os resultados, variações de temperatura nos valores de -9,71 °C/min, -5,75 °C/min e -3,72 °C/min permitiram obter produtos com 6,9 °GL e coloração mais clara; 6,4 °GL e coloração intermediária, mas com diferença pouco significativa; e 5,8 °GL e coloração mais escura entre as outras duas analisadas, respectivamente. Tais resultados evidenciam que reduções mais rápidas de temperatura para a transferência do cozimento para os fermentadores proporcionam melhor

sedimentação dos sólidos suspensos pela atuação da força centrífuga aplicada, e conseqüentemente, melhor aproveitamento de recursos e tempo, sem necessidade de filtração.

Palavras-chave: Cerveja artesanal; Resfriamento; Suspensão.

1 Introdução

A cerveja está intimamente ligada ao contexto histórico do homem, estando presente na formação de civilizações e cidades. O processo de produção artesanal está em plena expansão no Brasil, sobretudo após o ano de 2013 em que se registrou o maior número de cervejas artesanais desde 2008 (BORGES, 2015; FREIRE, 2013).

Há diferentes tipos de cervejas, sendo classificadas de acordo com alta ou baixa fermentação, sendo as do tipo *Ale* consideradas tradicionais e de alto processo fermentativo, estando inclusas neste grupo as de denominação britânica, *Pale Ale*, que possuem cor de cobre, de forma que as *Indian Pale Ale* e a *American Pale Ale* possuem amargor característico (MEGA, 2011).

Todo processo busca por uma melhoria, seja ele industrial ou artesanal, a fim de que se possa produzir mais com menos, economizando tempo e recursos, e quase sempre, reduzindo o consumo energético e contribuindo para uma produção mais rentável. Nesse contexto, há diferentes etapas na produção de cerveja sendo algumas delas processos térmicos, seja de adição ou retirada calor,

www.uniube.br/entec - UNIUBE Campus Aeroporto – Uberaba/MG



9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

de forma que geralmente um se mostra imediatamente seguido do outro, havendo aí um consumo significativo de energia. Mas aplicar bem essa energia pode significar não apenas economia direta, mas também uma influência significativa nas demais etapas do processo e conseqüentemente no produto final, sobretudo quanto ao aspecto de cor e teor alcoólico (BRUNELLI *et al.*, 2014; FONTANA, 2009).

Dessa forma este trabalho tem como objetivos verificar na produção de cerveja artesanal *Indian Pale Ale* as influências de diferentes taxas médias de temperatura na etapa pré-fermentativa quanto ao teor de sólidos suspensos e avaliar como isso afeta o grau alcoólico atingido ao fim do processo.

2 Materiais e Métodos

A produção da cerveja *Indian Pale Ale* consistiu em três bateladas, sendo que em cada uma delas a princípio realizou-se a fervura por uma hora de 5 L de água para consumo humano comercializada em galão de 20 L, juntamente com extrato de malte, lúpulo de amargor e lúpulo aromático de característica cítrica, tudo monitorado com termômetro e cronometrado, sendo realizado em panela redonda de alumínio com torneira lateral inferior.

Em seguida promoveu-se o resfriamento em três sistemas diferentes de troca térmica, sendo um para cada batelada, seguido de agitação constante para sedimentação dos sólidos.

Segundo Brunelli *et al.* (2014) deve-se manter a temperatura da água de refrigeração o mais estável possível, sendo utilizando para isso termômetro e adição de gelo.

Os sistemas de resfriamento utilizados são:

- **Resfriamento (A):** imersão da panela de fervura em recipiente com água (banho-maria), havendo ainda serpentina

denominada *chiller* com água em mesma temperatura fluindo pelo seu interior, estando imersa no produto da fervura;

- **Resfriamento (B):** apenas imersão da panela de fervura em recipiente com água (banho-maria);

- **Resfriamento (C):** uso apenas de *chiller* imerso no produto de resfriamento.

De acordo com Freire (2013) a separação dos sólidos de uma cerveja pode ser otimizado por meio de força centrífuga aplicada ao sistema. Dessa forma, durante os 3 primeiros minutos de cada resfriamento utilizou-se única hélice acoplada em batedeira doméstica para movimentar a cerveja a fim de acelerar o processo de sedimentação dos sólidos.

Após o resfriamento coletaram-se diretamente por meio da torneira inferior, 3 amostras de **A** e homogeneizaram-nas transformando apenas em uma, sucedendo-se o mesmo para **B** e para **C**, sendo então submetidas a análise visual para constatação de sólidos suspensos através do aspecto turvo apresentado. Submeteram-se também tais amostras à filtração para análise de diferença de cores entre si.

Segundo Freire (2013) a sanitização é essencial para evitar contaminações no processo, geralmente utilizando-se substâncias que não deixam vestígios nem resíduos (substâncias voláteis), sendo por isso selecionado álcool 70% para a lavagem dos baldes fermentadores, procedendo-se escorrimento e evaporação total da substância previamente à armazenagem dos mostos a serem fermentados. Após armazenagem nos baldes evaporadores das substâncias refrigeradas (mosto), adicionou-se fermento cervejeiro (leveduras), sendo o sistema isolado da entrada de ar, porém com permissão para saída, acoplando-se para isso um sistema análogo à válvula *airlock* para retirada do gás carbônico gerado, havendo uma extremidade imersa em solução de

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

hipoclorito de sódio (NaClO) a 20 mg/L para a evitar a contaminação por microrganismos, como proposto por Antonioli *et al.* (2005), não havendo portanto qualquer contato direto do conteúdo do fermentador com o exterior.

Seguida a fermentação por 8 dias, verificaram-se os teores alcoólicos do produto de cada batelada por meio de alcoômetro.

3 Resultados

O monitoramento do sistema de refrigeração com termômetro indicou variações de temperatura da água entre 0 °C e 4 °C.

A Figura 1 apresenta da esquerda para a direita, os resultados dos resfriamentos A, B e C.

Figura 1: Visão dos teores de sólidos suspensos para as diferentes taxas de troca térmica aplicadas.

Fonte: Do autor (2015).



A Figura 2 apresenta os resultados para as mesmas amostras antes do processo fermentativo e após a passagem pela filtração.

Figura 2: Coloração após filtração e referentes ao resfriamento A, B e C, da esquerda para direita, respectivamente.

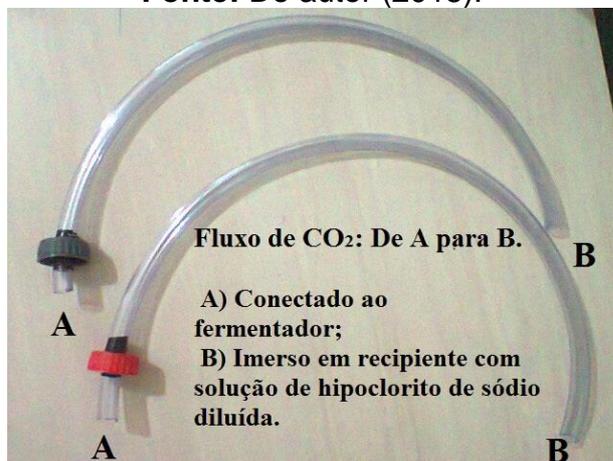
Fonte: Do autor (2015).



A Figura 3 apresenta o sistema semelhante à válvula *airlock* utilizada durante a fermentação.

Figura 3: Dois sistemas de escape de CO₂ utilizados em substituição às válvulas *airlock*.

Fonte: Do autor (2015).



Após o processo fermentativo têm-se as cervejas produzidas, conforme apresentadas na Figura 4.

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

Figura 4: Cervejas produzidas referentes ao resfriamento **A**, **B** e **C**, da esquerda para a direita, respectivamente.

Fonte: Do autor (2015).



Determinou-se o fim do processo fermentativo ao segundo dia quando verificou-se perda da constância de bolhas de CO₂ liberadas pelo sistema de escape, ocorrendo portanto no oitavo dia após ter-se fechado o fermentador.

A Tabela 1 apresenta os resultados quanto ao processo de resfriamento aplicado a cada batelada e o teor alcoólico das mesmas após o processo fermentativo.

Fonte: Do autor (2015).

Tabela 1: Resultados para os diferentes resfriamentos e teores alcoólicos.

	Resfriamento		
	A	B	C
T_i	98,00	98,00	98,00
T_F	28,00	28,00	28,00
ΔT	-70,00	-70,00	-70,00
Tempo	7,21	12,17	21,11
Q	-9,71	-5,75	-3,32
°GL	6,9	6,4	5,8

T_i = temperatura inicial [°C]

T_F = temperatura final [°C]

ΔT = variação térmica [°C]

Tempo [min]

Q = taxa média de temperatura [°C/min]

°GL = °Gay Lussac = álcool por volume [%]

4 Discussão

Através da Figura 1 percebe-se que os maiores teores de sólidos suspensos, em ordem decrescente, estão relacionados ao resfriamento **A**, **B** e **C**, respectivamente, sendo que após a filtração observou-se que a coloração entre elas se mostrou menos clara de quando com menos sólidos suspensos, como apresenta a Figura 2. Segundo Costa *et al.* (2012), maiores quantidades de sólidos suspensos significam também alterações nos teores visuais, influenciando principalmente na coloração do produto. Isso pode acarretar diferença quanto a aceitação comercial. Ainda assim, de acordo com a Figura 4, mesmo após o processo fermentativo a diferença de coloração mostrou-se diferente, seguindo a mesma escala de cores conforme os resfriamentos submetidos, sendo, porém que a diferença entre **A** e **B** mostra-se pouco visível. Em relação à espuma, não se verificou variação perceptível. Conforme Brunelli *et al.* (2014) o teor de espuma de uma cerveja está intimamente relacionado à aspectos do processo fermentativo, como por exemplo, com o extrato utilizado. Sendo o tempo e as condições de fermentação igual para os três processos, não se manifestaram diferenças para o teor aparente de espuma.

Quanto a Tabela 1 apresentada percebe-se que a taxa de troca térmica (**Q**), em módulo, se mostrou decrescente do processo **A** para o processo **C**, sendo 9,71 °C/min, 5,71 °C/min e 3,32 °C/min, respectivamente, ou seja, para quedas de temperaturas mais bruscas teve-se menor teor de sólidos suspensos. Segundo Freire (2013) a queda rápida de temperatura gera aglutinação das cadeias



9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

proteicas presentes o que leva a floculação e possível sedimentação, reduzindo os teores de sólidos em suspensão, isso quando aplicado na separação dos levedos. Já para situação de pré-fermentação, como realizado, Pavanelli (2001) coloca que a redução de temperatura contribui na coagulação quando há mistura rápida no meio, o que em consequência leva a uma sedimentação mais eficiente.

Nota-se também que o teor alcoólico em cada cerveja mostrou-se maior cada vez que a etapa do resfriamento resultou em menos sólidos suspensos. Quanto menos interferentes presentes no mosto durante a etapa da fermentação, mais eficiente o processo fermentativo devido a pureza e qualidade do meio em que estão as leveduras, o que confere a elas menor competição pela sobrevivência (FREIRE, 2013).

Como se percebe, quando a aplicação de resfriamento se dá de forma mais brusca tem-se um produto com melhor aparência e características alcoólicas mais elevadas, sem a necessidade de uma operação adicional de filtração, conforme realizado por Brunelli *et al.* (2014), havendo economia de tempo e recursos.

5 Conclusão

Os processos de resfriamento na produção da cerveja artesanal do estilo *Indian Pale Ale* antes da etapa de fermentação indicou que quando se promove queda da temperatura de fervura (98°C) para a ambiente (28°C) mais rapidamente tem-se menos sólidos suspensos e conseqüentemente, maior teor alcoólico após a fermentação por reduzir a competição pela sobrevivência das leveduras pelo meio se encontrar menos contaminado, sendo que o uso de troca térmica pelo sistema banho-maria juntamente com o *chiller* (A) apresentou taxa média de variação de temperatura

(Q) igual a -9,71 °C/min e, teor alcoólico de 6,9 °GL. Já para o sistema (B) no qual se utilizou apenas banho-maria teve-se taxa de variação de temperatura de -5,75 °C/min e 6,4°GL de teor alcoólico, sendo para o sistema de resfriamento (C), apenas com uso de *chiller* para trocar calor, de -3,32 °C/min e 5,8 °C/min, respectivamente. Para a refrigeração mais rápida notou-se também produtos mais claros, mesmo procedendo-se filtração para compará-los entre si. De fato, resfriamentos mais rápidos ocasionam maior economia de tempo e recursos dentro do processo, pois apenas o processo de centrifugação torna-se eficiente, dispensando-se assim a necessidade de filtração e a ocorrência de economia de recursos e tempo.

Referências

ANTONIOLLI, L. R.; BENEDETTI, B.C.; SOUZA FILHO, M.S.M.; BORGES, M.F.. Efeito do hipoclorito de sódio sobre a microbiota de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 157-160, abr. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452005000100041&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 02 set 2015.

BORGES, P. F. O. **Concentração do mercado de cerveja no Brasil e a participação das microcervejarias.** 2015, 72 f.. Tese (GRADUAÇÃO). Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Química e de Petróleo, Universidade Federal Fluminense, Niterói. Disponível em: <<http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/742/1/TCC%20-%20Pedro%20Felipe.pdf>>. Acesso em: 21 set 2015.

BRUNELLI, L. T.; MANSANO, A. R. VENTURINI FILHO, W. G..

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 19-27, mar. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1981-67232014000100004&script=sci_arttext>. Acesso em: 30 ago 2015.

COSTA, G. H. G.; SILVANO, N. S.; MISSIMA, J. O. D.; MACRI, R. C. V.; NUTTON, M. J. R. Impactos de clarificação utilizando polieletrólito sintético na fermentação. **Ciência & Tecnologia**: Fatec-JB, Jaboticabal, v. 4, 2012. Disponível em: <<http://www.citec.fatecjab.edu.br/index.php/files/article/viewFile/60/pdf>>. Acesso em: 01 set 2015.

FONTANA, D. H. G. **Elaboração de um modelo para o controle do processo de pasteurização em cerveja envasada (in-package)**. 2009, 122f.. Tese (MESTRADO). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/18596/000730351.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 03 set 2015.

FREIRE, B.R. **Avaliação e melhoria do processo de assepsia em área de produção de cerveja no Distrito**

Federal. 2013, 62f. Tese (GRADUAÇÃO). Faculdade de Farmácia, Faculdade de Ceilândia, Brasília. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/7423/1/2013_BrunoRibeiroFreire.pdf>. Acesso em 28 ago 2015.

MEGA, J. F.; NEVES, E.; ANDRADE, C. J. A produção de cerveja no Brasil. **Rev Cistino Hestia**. V. 1, N. 1, 2011, pp. 34 – 42, 2011. Disponível em: <<http://www.hestia.org.br/wp-content/uploads/2012/07/CITINOAno1V01N1Port04.pdf>>. Acesso em: 02 set 2015.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001, 233f.. Tese (MESTRADO). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde.../Pavanelli+G.pdf>. Acesso em: 02 set 2015.