OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO FERMENTATIVO EM CERVEJAS ARTESANAIS

João Victor de Castro Garbuio (PROVIC), Marco Aurélio Praxedes (Orientador), e-mail: profpraxedes@hotmail.com.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Alimentos.

Engenharias, Operações Industriais e Equipamentos para Engenharia Química

Palavras-chave: Refratômetro, álcool, modelagem

Resumo

A produção de cerveja envolve etapas que necessitam de acompanhamentos específicos, para obtenção de um produto com qualidade e reprodutividade. Suas etapas de processo são dependentes umas das outras, pois a etapa de brassagem deverá hidrolisar as moléculas de amido em açúcares menores, denominados fermentescíveis com a ação das enzimas naturalmente presentes no malte, para que as leveduras de gênero *Saccharomyces* consumam os substratos e produzam etanol e CO_2. Para acompanhar o processo fermentativo da cerveja, foi utilizada a refratometria obtendo dados importantes para ajustar na cinética de fermentação alcoólica, com o auxílio de um modelo matemático de primeira ordem. Os resultados de teor alcoólico coincidiram qualitativamente com o esperado para o estilo da cerveja, e os valores experimentais se ajustaram os valores do modelo.

Introdução

A cerveja é definida como uma bebida obtida através da fermentação alcoólica do mosto, constituída de água, malte e lúpulo. Sua produção pode ser dividida em três etapas: brassagem, fermentação e maturação (LAURINTINO et al., 2016). Representa uma das bebidas mais consumidas no mundo e um símbolo cultural brasileiro. Com a grande importância econômica que a cerveja apresenta, é previsível a busca por melhor qualidade de produto (MELEIRO; CARNEIRO, 2011).

Uma maneira de conseguir uma ótima qualidade do processo, é utilizar a modelagem matemática, pois ela permite a visualização de um conjunto de variáveis capazes de representar um processo, de maneira que possam indicar e prever os comportamentos de saída do processo a partir dos dados de entradas (WOJEICCHOWSKI; PRAXEDES, 2015).

O objetivo do trabalho foi levantar dados experimentais a partir da refratometria, ajustar o modelo matemático e obter dados valiosos para julgar a qualidade e rendimento do produto final.

Material e Métodos

Os insumos para a produção da cerveja a ser estudada do tipo American Pale Ale (APA), foram obtidos com recursos próprios e seu processo prosseguiu conforme o fluxograma obtido pelo fornecedor dos insumos. A fermentação da cerveja foi realizada no equipamento estufa B.O.D Labor SP-500, que permite o controle da temperatura, no caso 20 ºC.

Para fornecer dados de etanol em relação ao tempo, utilizou-se de equações da variação da densidade, do momento da inoculação até o tempo final da fermentação. Os valores de densidade em cada tempo de fermentação, foram

obtidos através da refratometria, onde amostras foram coletadas em tubos de Eppendorf e rapidamente analisadas com o refratômetro calibrado com água destilada, obtendo valores em º Brix, que posteriormente deverão ser convertidos com equações de apoio em densidade.
O valor de FG significa a variação da densidade da cerveja em função do tempo da fermentação, é obtido através dos valores da análise de refratometria, como mostra a Equação (2), onde FB é valor do ºBrix em determinado tempo, e OB o ºBrix no tempo inicial. A equação leva em conta que na cerveja existem água e álcool como solventes e mesmo assim é possível quantificar o valor da densidade após a fermentação.

F.G= 1.001843 -0.002318474 * OB -0.000007775 * OB ^ 2 -0.000000034 * OB ^ 3 + 0.00574 * FB + 0.00003344 * FB ^ 2 + 0.000000086 * FB ^ 3 (2)

Com o valor F.G obtido é possível calcular a concentração de álcool por volume (ABV), utilizando a Equação (3). Levando em consideração a variação da densidade na etapa fermentativa.

ABV= (O.G –F.G)* 133 (3)

Porém ainda é necessário converter esse valor em volume para g/L, portanto com a densidade do etanol (ρet) isso é possível, como mostra a Equação (4).

Et(g/L) = ABV * ρet/ 100 (4)

Após realizar as devidas conversões e obter o resultado de etanol em g/L, foi aplicado um modelo matemático de primeira ordem, proposto por Tschoeke et al. (2017), representado pela Equação (5):

$$Et(t) = Et_{max} * (1-e^{-t/\tau}) \quad (5)$$

Et(t) é a produção de etanol em g/L em função do tempo em horas;
Etmax representa a concentração máxima de etanol em g/L;
t é o tempo em horas;
τ é uma constante do tempo do processo em horas.

O modelo prevê a concentração máxima de álcool que pode ser alcançada na fermentação, observado na variável Et_{max}. Ela ajuda a indicar e tomar decisões sobre a produção alcoólica, conforme o teor alcóolico produzido é o esperado para a cerveja tipo (APA), ou se necessitará de mais dias de fermentação. Permite também calcular o rendimento obtido a partir desse valor teórico, concluindo se o processo de fermentação da cerveja foi realizado corretamente. O tempo no qual a taxa de fermentação é máxima é observado pela constante τ, o que permite obter informações de quando devem ser feitas as análises de refratometria, ou seja, onde se encontram os pontos que são denominados críticos para elaboração da curva de produção do etanol em relação ao tempo.

Resultados e Discussão

ISSN 1676-0093

Tabela 1 – Dados de coleta e valores devidamente convertidos

Tempo (h)	ºBrix	FG	ABV (% v/v)	Et (g/L)
0	15,5	1,061236311	0	0
1,4166	15,2	1,059188091	0,272413282	2,149340791
19,05	13,5	1,04770813	1,799248073	14,1960673
23,38	12	1,037756066	3,122872618	24,63946496
24,38	12	1,037756066	3,122872618	24,63946496
25,48	11,2	1,032515635	3,819849887	30,13861561
26,58	11	1,031212804	3,993126464	31,5057678
27,41	11	1,031212804	3,993126464	31,5057678
43,06	9,2	1,019617426	5,535311636	43,67360881
45,05	9	1,018343432	5,70475294	45,0105007
46,83	9	1,018343432	5,70475294	45,0105007
50,41	9	1,018343432	5,70475294	45,0105007
51,43	9	1,018343432	5,70475294	45,0105007
66,9	9	1,018343432	5,70475294	45,0105007
71,6	9	1,018343432	5,70475294	45,0105007
75,73	8,8	1,017072298	5,873813737	46,34439038
90,91	9	1,018343432	5,70475294	45,0105007
163,91	9	1,018343432	5,70475294	45,0105007
166,83	8,8	1,017072298	5,873813737	46,34439038
172,31	8,6	1,015804021	6,042494575	47,67528219
186,91	8,8	1,017072298	5,873813737	46,34439038
190,98	8,8	1,017072298	5,873813737	46,34439038
194,16	8,8	1,017072298	5,873813737	46,34439038
195,96	8,8	1,017072298	5,873813737	46,34439038
211	9	1,018343432	5,70475294	45,0105007
214,91	8,8	1,017072298	5,873813737	46,34439038
218,41	8,8	1,017072298	5,873813737	46,34439038
234,9	8,4	1,014538596	6,210796003	49,00318046

Fonte: o autor (2019)

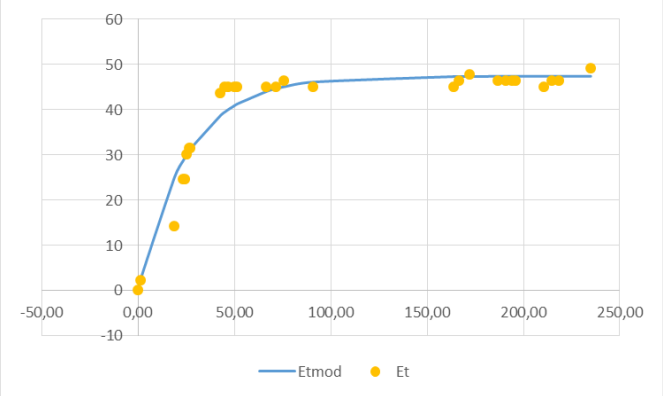
Com os valores indicados na Tabela 1, nota-se que nas primeiras horas da fermentação o ºBrix era alto em função da concentração elevada de açúcares e ácidos orgânicos, e com o decorrer da etapa, as leveduras consumiram os açúcares, produzindo etanol e CO_2, e a concentração de sólidos solúveis tende a diminuir pela limitação de substratos.

A Tabela 1 ainda mostra à diminuição do F.G em função do tempo de fermentação, devido a produção de etanol, que possui densidade menor que a de solução dos açúcares, ou seja, a F.G sempre será menor que a O.G. Também pode-se observar o teor alcoólico próximo do esperado para o estilo da cerveja APA.

Posteriormente, utilizando o modelo cinético descrito pela Equação (5), os valores de concentração de etanol obtidos experimentalmente foram comparados com os obtidos através do modelo. Para o ajuste os valores de τ e Et_{max} foram determinados como sendo de 24 h e 50 g/L, respectivamente.

Figura 1 – Valores de etanol experimental sobre a curva do modelo

ISSN 1676-0093



Fonte: o autor (2019)

Observando a Figura 1 é notável que os valores experimentais se ajustarem bem ao modelo adotado. Após obter a curva com os valores de etanol produzido, pode-se concluir que um maior ajuste seria obtido se houvesse mais dados experimentais na fase lag da fermentação, que corresponde às primeiras horas da fermentação.

Conclusões

Com o trabalho foi possível obter valores de etanol produzido em relação ao tempo de fermentação, sendo um dos dados valiosos para julgar a qualidade do produto final, pois uma cerveja é caracterizada por um teor alcoólico aceito pelo padrão de identidade e qualidade, e importante para aceitabilidade sensorial do consumidor. O trabalho também mostrou o quão importante é ter ciência de todos os parâmetros de um processo, a fim de obter qualidade, rendimento e diminuição de custos e erros.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador pela oportunidade de participar do projeto e por todo apoio e experiência compartilhada que contribuíram para desenvolvimento do trabalho. Agradeço também a minha família e namorada pelo incentivo e apoio nos momentos difíceis.

Referências

LAURINTINO, T. N. S.; SOUZA, T.; JUNA, M; LAURINTINO, T. Simulação da etapa fermentativa do processo cervejeiro. In: XXI. **Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ**, 2016, Fortaleza.

MELEIRO, L.A; CARNEIRO D.D. Proposta de uma nova estratégia de controle para a fermentação cervejeira.2011. **Publ.Exatas**.v.17i1.0002

TSCHOEKE, I. C. P. et al. Modelagem Cinética da fermentação da cerveja. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, Pernambuco, v. 7, n. 2, p.223-227, 2017.

WOJEICCHOWSKI, J.P.; PRAXEDES, M.A. Uso da linguagem VBA-Excel para desenvolvimento de um programa de simulação e ajuste de parâmetros em modelos de processos fermentativos alcoólicos.**Journal Of Chemical Engineering And Chemistry**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.16-29, 22 dez. 2015. Universidade Federal de Vicosa.