

05 e 06 de junho de 2013 - Ribeirão Preto SP

Desenvolvimento e otimização de produção de etanol por processo fermentativo com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* em substrato de melaço de cana-de-açúcar

Anderson Ricardo Bergamo¹, Raúl Andres Martinez Uribe².

RESUMO

A produção de etanol para uso industrial ou carburante a partir dos resíduos açucarados como o melaço de cana de açúcar subproduto da produção do açúcar é uma alternativa na sua transformação em co-produtos. Diante disto o objetivo deste trabalho foi estabelecer os melhores parâmetros operacionais para produção de etanol em planta piloto comparando duas linhagens de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*: Fleischmann® (tratamento 1) e a LNFCA-11® (tratamento 2) para fermentação alcoólica aplicada em mosto de melaço de cana de açúcar como fonte de carboidratos observando na fermentação: pH, °Brix, temperatura, °GL; e na destilação: temperatura da entrada do vinho, temperatura do topo da coluna, °GL e total de etanol produzido. Os melhores parâmetros operacionais foram: temperatura de fermentação entre 34 e 28°C; pH entre 5,5 e 3,5 e temperatura do topo da coluna próximo de 78,5 °C. A linhagem Fleischmann® teve um menor desempenho analisando o tempo de fermentação, a graduação alcoólica e o volume de etanol produzido quando comparada à linhagem LNF CA-11®.

Palavras chave: Bioenergia, aproveitamento de resíduos.

ABSTRACT

Ethanol production from waste sugary like molasses from sugar cane by-product of sugar production is an alternative in its transformation into co-products. Before this the aim of this study was to establish the best operational parameters for ethanol production pilot plant comparing two strains of yeast *Saccharomyces cerevisiae*: Fleischmann ® (treatment 1) and LNFCA-11 ® (treatment 2) for alcoholic fermentation of molasses wort applied cane sugar as a carbohydrate source by observing the fermentation pH, ° Brix temperature, ° GL, and in the distillation: inlet temperature of the wine, column top temperature, ° GL and total ethanol production. The best operational parameters were: fermentation temperature between 34 and 28 ° C, pH between 5.5 and 3.5, and the column top temperature of around 78.5 ° C. Fleischmann® strain had a lower performance by analyzing the time of fermentation, the alcohol and the volume of ethanol produced compared to LNF CA-11 ® strain.

Keywords: Bioenergy, waste recovery.

INTRODUÇÃO

A pressão política e social dirigida à redução da carga poluente nas atividades industriais é uma realidade mundial e praticamente todos os países ditos desenvolvidos ou em desenvolvimento estão procurando adaptar-se a esta nova realidade, modificando os seus processos de forma a reciclar ao máximo todo e qualquer rejeito produzido em suas estações de processamento. Em decorrência a isso se tem uma crescente evolução tecnológica, e hoje é necessário reavaliar

¹Graduado em Tecnologia de Produção Sucroalcooleira na Universidade do Sagrado Coração, Bauru-SP. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC- CNPQ Proc. 151351/2011-2. ²Professor e pesquisador, Pro Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação Universidade Sagrado Coração, Bauru-SP. raul.uribe@usc.br

antigos projetos, outrora descartados pela sua inviabilidade econômica. Dentro deste contexto, a produção de etanol para uso industrial ou carburante a partir dos resíduos açucarados como o melaço de cana de açúcar subproduto da produção do açúcar, é uma alternativa na sua transformação em co-produtos, gerando para a indústria não só receita como todos os benefícios mercadológicos de uma indústria limpa (CAMACHO, 2009). Nesse sentido comparar e determinar melhores ajustes no desempenho de linhagens específicas para produção de etanol pode trazer benefícios importantes. Diante disto o objetivo deste trabalho foi estabelecer os melhores parâmetros operacionais para produção de etanol em planta piloto comparando duas linhagens de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*: Fleischmann® e a LNFCA-11® para fermentação alcoólica aplicada em mosto de melaço de cana de açúcar como fonte de carboidratos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um equipamento piloto no Laboratório de Derivados de Cana de Açúcar e de Processos Químicos e Tecnológicos da Universidade Sagrado Coração (USC), na cidade de Bauru, SP, Brasil. O local é estratégico devido a estar inserido no entroncamento de importantes vias e centros de produção. Compararam-se duas linhagens de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* Fleischmann® (tratamento 1) e a LNFCA-11® (tratamento 2) na obtenção do etanol, em mosto de matéria prima açucarada observando na fermentação: pH, °Brix, temperatura, °GL; e na destilação: temperatura da entrada do vinho, temperatura do topo da coluna, °GL e total de etanol produzido. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando o teste F a 5% e para as causas de variações significativas, foi aplicado o teste de significância de Tukey ($p < 0,05$), para a comparação entre os tratamentos, utilizando o programa ASSISTAT®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura no processo de fermentação se manteve dentro dos valores normais citados na literatura (Figura 1) que variam entre 28°C e 34°C (LIMA et al., 2001; CABELLO, 2005). A Temperatura do mosto durante o processo de fermentação utilizando a linhagem Fleischmann® oscilou entre 29,5°C e 32°C, e utilizando a linhagem LNF CA-11® oscilou entre 31°C e 33°C. A maior temperatura pode ser explicada pela atividade mais intensa da linhagem LNF CA-11®, concordando com dados de Alcarde et al.(2012) que mostraram crescimento rápido e acelerada produção de etanol e CO₂ utilizando a mesma linhagem. Não houve diferença significativa entre as médias dos valores de temperatura das duas linhagens utilizadas (Tabela 1).

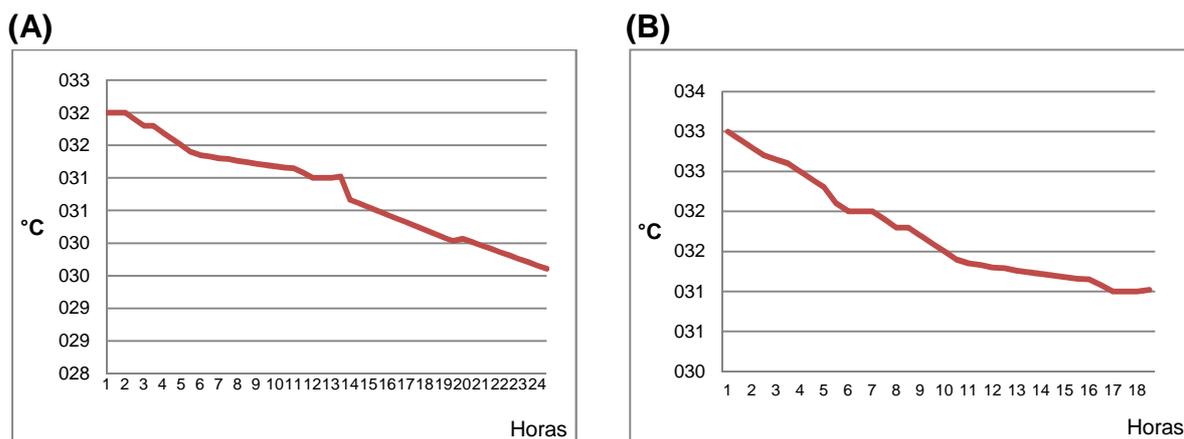


Figura 1. Temperatura do mosto na fermentação - linhagem (A) Fleischmann® (B) LNF CA-11®

Tabela 1. Médias de Temperatura, °Brix, °GL e pH, no processo de fermentação

Horas	Temperatura °C		° Brix		°GL		pH	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
1,0	32,00 a	33,00 a	18,6 a	19,0 a	0,0 a	0,0 a	5,6 a	5,6 a
1,5	32,00 a	32,90 a	18,6 a	18,8 a	0,0 a	0,0 a	5,5 a	5,5 a
2,0	32,00 a	32,80 a	18,5 a	18,0 a	0,0 a	0,0 a	5,5 a	5,4 a
2,5	31,90 a	32,70 a	18,4 a	17,8 a	0,0 a	0,0 a	5,4 a	5,4 a
3,0	31,80 a	32,65 a	18,3 a	17,0 a	0,0 a	0,0 a	5,3 a	5,4 a
3,5	31,80 a	32,60 a	18,2 a	16,2 a	0,0 a	0,0 a	5,3 a	5,3 a
4,0	31,70 a	32,50 a	18,1 a	15,6 a	0,0 a	0,0 a	5,2 a	5,3 a
4,5	31,60 a	32,40 a	18,0 a	15,0 a	0,0 a	0,0 a	5,2 a	5,3 a
5,0	31,50 a	32,30 a	17,8 a	14,6 a	0,0 a	0,0 a	5,2 a	5,3 a
5,5	31,40 a	32,10 a	17,0 a	14,0 a	0,0 a	0,0 a	5,1 a	5,3 b
6,0	31,35 a	32,00 a	16,5 a	13,4 a	0,0 a	0,0 a	5,1 a	5,3 b
6,5	31,33 a	32,00 a	16,0 a	12,5 a	0,0 a	0,0 a	5,0 a	5,3 b
7,0	31,30 a	32,00 a	15,5 a	11,2 a	0,0 a	0,0 a	5,0 a	5,2 b
7,5	31,29 a	31,90 a	15,0 a	10,0 a	0,0 a	0,0 a	4,9 a	5,2 b
8,0	31,26 a	31,80 a	14,3 a	9,4 a	0,0 a	0,0 a	4,8 a	5,2 b
8,5	31,24 a	31,80 a	13,0 a	8,8 a	0,0 a	0,0 a	4,7 a	5,2 b
9,0	31,22 a	31,70 a	12,8 a	8,0 a	0,0 a	0,3 a	4,6 a	5,2 b
9,5	31,20 a	31,60 a	12,4 a	7,5 a	0,0 a	0,7 b	4,6 a	5,1 b
10,0	31,18 a	31,50 a	12,1 a	6,6 a	0,0 a	0,9 b	4,5 a	5,0 b
10,5	31,16 a	31,40 a	11,4 a	6,2 a	0,0 a	1,2 b	4,4 a	5,0 b
11,0	31,15 a	31,35 a	11,0 a	5,8 a	0,3 a	1,4 b	4,3 a	5,0 b
11,5	31,08 a	31,33 a	11,0 a	5,6 a	0,7 a	1,8 b	4,3 a	5,0 b
12,0	31,00 a	31,30 a	10,8 a	5,4 a	0,9 a	2,0 b	4,2 a	5,0 b
12,5	31,00 a	31,29 a	10,0 a	5,2 a	1,2 a	2,4 b	4,1 a	5,0 b
13,0	31,00 a	31,26 a	9,8 a	5,0 a	1,4 a	2,8 b	4,0 a	5,0 b
13,5	31,02 a	31,24 a	9,4 a	4,8 a	1,7 a	3,1 b	3,9 a	5,0 b
14,0	30,67 a	31,22 a	9,0 a	4,6 a	1,9 a	3,5 b	3,7 a	5,0 b
14,5	30,61 a	31,20 a	8,6 a	4,4 a	2,2 a	3,8 b	3,6 a	5,0 b
15,0	30,55 a	31,18 a	8,2 a	4,2 a	2,5 a	4,3 b	3,6 a	5,0 b
15,5	30,49 a	31,16 a	7,9 a	3,0 a	2,8 a	4,8 b	3,5 a	5,0 b
16,0	30,43 a	31,15 a	7,6 a	3,0 a	3,1 a	5,2 b	3,5 a	4,9 b
16,5	30,38 a	31,08 a	7,1 a	2,6 a	3,4 a	5,5 b	3,5 a	4,9 b

17,0	30,32 a	31,00 a	6,8 a	2,2 a	3,7 a	5,9 b	3,5 a	4,8 b
17,5	30,26 a	31,00 a	6,3 a	1,8 a	3,9 a	6,3 b	3,5 a	4,8 b
18,0	30,20 a	31,00 a	5,8 a	1,4 a	4,3 a	6,7 b	3,4 a	4,8 b
18,5	30,15 a	31,02 a	5,6 a	1,0 a	4,7 a	7,1 b	3,4 a	4,8 b

T1 – linhagem Fleischmann®, T2 – linhagem LNF CA-11®. Medidas seguidas de letras em comum nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Observa-se (Figura 2) que o conteúdo de sólidos solúveis totais foi decrescendo paulatinamente, conforme Janzanti (2004). A linhagem Fleischmann® teve maior tempo de fermentação como mostra o gráfico, nota-se que na fase inicial (preliminar) o inoculo começa consumindo carboidratos de forma menos expressiva, já a linhagem LNF CA-11® mostra na fase inicial um consumo de carboidratos acentuado. Não houve diferença significativa entre as médias (Tabela 1).

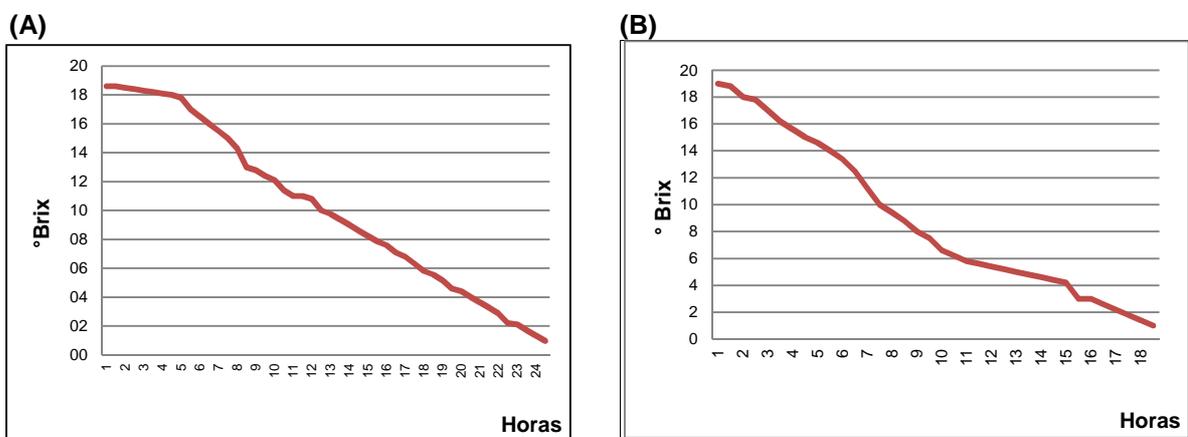


Figura 2. Sólidos solúveis totais na fermentação - linhagem (A) Fleischmann® (B) LNF CA-11®

Observa-se (Figura3) que a linhagem Fleischmann® ao final da fermentação obteve valores de 6,3 °GL, já a linhagem LNF CA-11® teve uma maior produção de etanol chegando a 7,1 °GL, mostrando diferenças significativas (Tabela 1) a partir da décima hora de fermentação. Estes valores são semelhantes aos encontrados por Souza et al. (2011) que reportaram a máxima velocidade de fermentação utilizando mosto de maçãs com a linhagem LNF CA-11® e valores similares de °GL no final do processo fermentativo. Duarte et al. 2011concluíram que a linhagem LNF CA-11® obteve as maiores concentração da fração alcoólica, mostrando-se como a melhor opção no processo de obtenção de destilados de cana de açúcar. Os critérios tecnológicos que fazem com que uma levedura seja utilizada comercialmente na fermentação alcoólica são o alto rendimento e a elevada produtividade, ou seja, a rápida conversão de açúcar em álcool, com baixa produção de componentes secundários. (CAMILI, 2010).

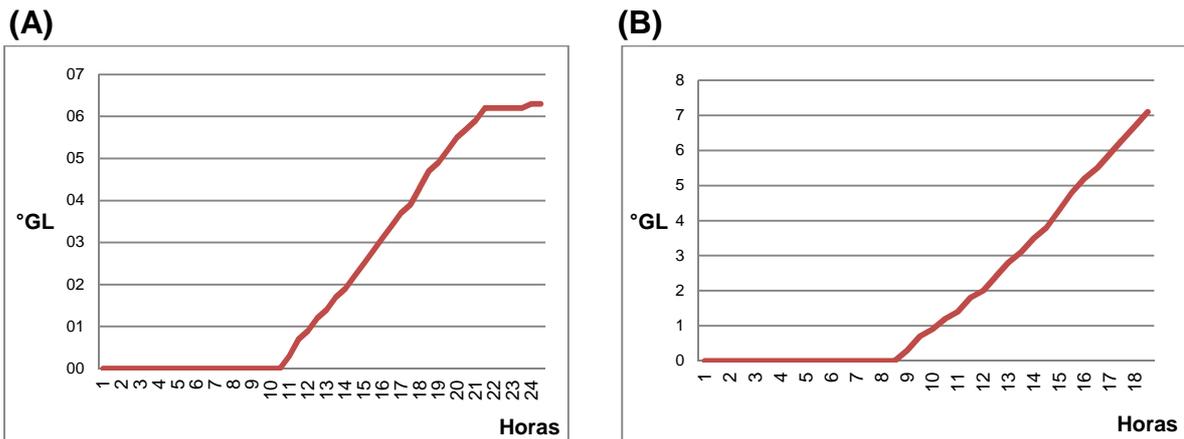


Figura 3. Teor alcoólico em °GL na fermentação - linhagem (A) Fleischmann® (B) LNF CA-11®

Observa-se na (Figura 4) o pH do mosto no processo de fermentação. Ambos mostos iniciaram o processo com valores aproximadamente iguais (5,6). Ao longo do processo os valores foram diminuindo chegando a valores finais de 3,4 e 4,9 para a levedura Fleischmann® e LNF CA-11®, respectivamente. Os valores mais baixos de pH (maior acidez) podem ser explicados pela maior produção de ácidos (acidez volátil) pela linhagem Fleischmann®, o que constitui o principal defeito sensorial em bebidas destiladas. Souza et al. (2011) também reportaram baixos níveis de acidez volátil total para a linhagem LNF CA-11®. Segundo Cherubin, (2003) o pH mais baixo do vinho (mosto fermentado) também indica que houve a maior formação de ácidos nos tratamentos com a linhagem Fleischmann®.

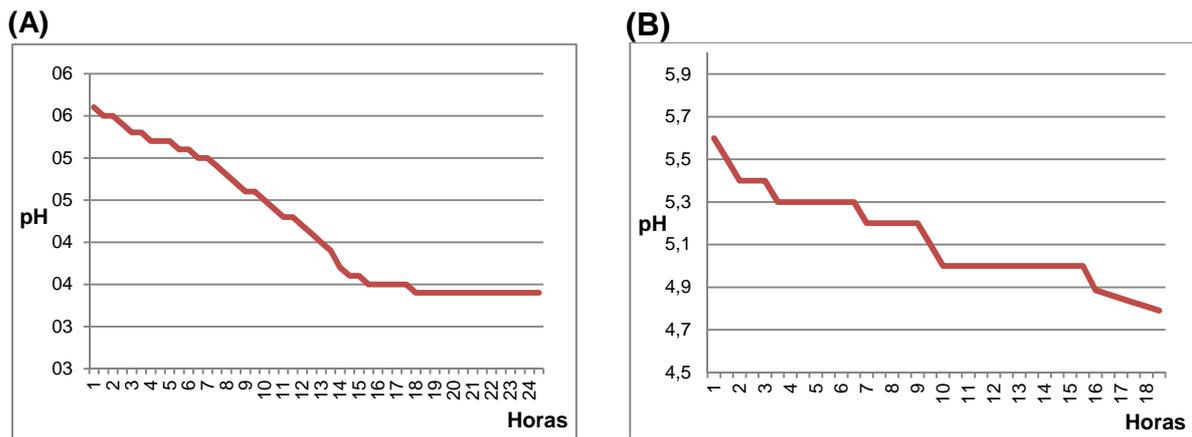


Figura 4. pH na na fermentação - linhagem (A) Fleischmann® (B) LNF CA-11®

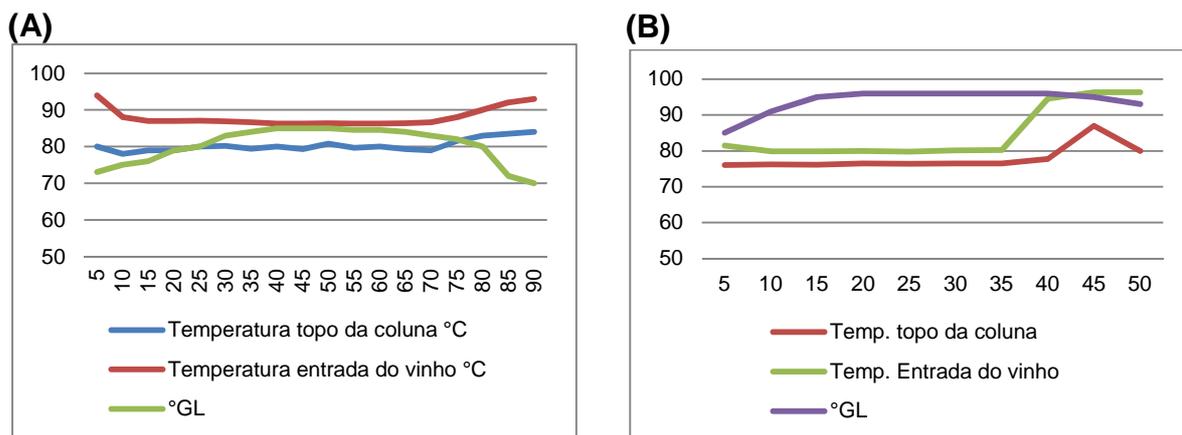


Figura 5. Temperatura do topa da coluna, entrada do vinho e °GL na destilação - linhagem (A) Fleischmann® (B) LNF CA-11®

Visualiza-se na figura 5, a interrelação entre a temperatura de entrada do vinho, a temperatura do topo da coluna e a graduação alcoólica do etanol produzido para ambas as linhagens estudadas. A temperatura de entrada do vinho mostra o valor de temperatura do local onde é injetado o vinho na coluna de destilação. Esta temperatura é de extrema importância, pois fornece informação do contato íntimo entre as moléculas de vapor produzido pela caldeira e as moléculas líquidas do vinho fermentado. Por sua vez a temperatura do topo da coluna está diretamente relacionada com o condensador de refluxo que transforma as moléculas de vapor de etanol da fase gasosa para fase líquida. Valores de temperatura do topo da coluna próximos ao ponto de ebulição do etanol (78,5 °C) obtiveram as maiores graduações de etanol com a linhagem LNF CA-11®, chegando numa única coluna, a valores máximos de 96°GL, já com a linhagem Fleischmann® obtiveram-se valores máximos de 85° GL.

Foram produzidos 8 e 10 litros de etanol com um volume de 140 litros de vinho com as linhagens Fleischmann® e LNF CA-11®, respectivamente. A primeira linhagem é uma cepa comercial utilizada no processo de panificação, que tem como objetivo principal a produção de CO₂ e não a produção de etanol. Esta característica faz com que a sua utilização, embora comum, no processo de produção de etanol não seja satisfatória em termos de velocidade de fermentação, volumem e qualidade do etanol.

CONCLUSÃO

Confirmaram-se os melhores parâmetros operacionais, reportados na literatura disponível, para produção de etanol em planta piloto usando *Saccharomyces cerevisiae* para a fermentação alcoólica aplicada em mosto de melaço de cana de açúcar, sendo: temperatura de fermentação entre 34 e 28°C; pH entre 5,5 e 3,5 e temperatura do topo da coluna próximo de 78,5 °C.

A linhagem Fleischmann® teve um menor desempenho analisando o tempo de fermentação, a graduação alcoólica e o volume de etanol produzido quando comparada à linhagem LNF CA-11®.

7. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica através do programa PIBIC.

À usina São Manoel pelo fornecimento do melaço.

À Universidade Sagrado Coração pela utilização da planta piloto de produção de etanol.

8. REFERÊNCIAS

CAMACHO, O. I. A. **Caracterização dos resíduos do processamento de mandioca para produção de bio-etanol e sua utilização na alimentação de aves.** 2009. 63 f. Dissertação de Mestrado, FCA-UNESP, Botucatu, SP: [s.n.], 2009.

CABELLO, C. **Produção de álcool da mandioca.** Botucatu, 2005. 3p. (CABELLO, 2005)

ALCARDE, A. R.; MONTEIRO, B. M.S.; BELLUCO, A. E. S. Composição química de aguardentes de cana-de-açúcar fermentadas por diferentes cepas de levedura *Saccharomyces cerevisiae*. **Química Nova**, Piracicaba, v. XY, n. 00, jan./jul.2012. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/No%20Prelo/Artigos/AR12164.pdf>>. Acesso em: 9 ago. 2012.

JANZANTTI, N. S. **Composto volátil e qualidade de sabor da cachaça.** 2004. 178 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

SOUZA, F. K. F. et al. Desenvolvimento de fermentadores em série para o estudo cinético de fermentado de maçã. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Campus Ponta Grossa, v. 5, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pg/index.php/rbta/article/view/952>>. Acesso em: 03 ago. 2012.

DUARTE, W. F. ; SOUSA, M. V. F. ; SCHWAN, R. F. ; J. FoodSci. 2011, 78, 307.

CAMILI, E.A. **Parâmetros operacionais do processo de produção de etanol a partir de polpa de mandioca.** 2010. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

CHERUBIN, R. A. **Efeitos da viabilidade da levedura e da contaminação bacteriana na fermentação alcoólica.** 2003. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Microbiologia Agrícola)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.