

74490 - ANÁLISE CINÉTICA E ESTUDO DOS PARÂMETROS FERMENTATIVOS PARA A PRODUÇÃO DE HIDROMEL

*Analú Freitas de Souza Brito¹, Natasha Lorena Ferreira da Silva Leal², Emanuele
Cardoso Dias³, Jean César Farias de Queiroz⁴*

¹Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos da Universidade Federal da Paraíba – CBIOTEC/UFPB, Cidade Universitária, s/n, Castelo Branco, João Pessoa – PB, 58051-900, e-mail: analufreitas.souza@gmail.com

²Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos da Universidade Federal da Paraíba – CBIOTEC/UFPB, Cidade Universitária, s/n, Castelo Branco, João Pessoa – PB, 58051-900, e-mail: natashalorena@gmail.com

³Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal da Paraíba – CBIOTEC/UFPB, Cidade Universitária, s/n, Castelo Branco, João Pessoa – PB, 58051-900, e-mail: dias_sigma@hotmail.com

⁴Doutor e Professor da Universidade Federal de Campina Grande – CDSA/UFCG, Rua Luiz Grande, s/n - Bairro Frei Damião, Sumé - PB, 58540-000, e-mail: queiroz@ufcg.edu.br

RESUMO: Buscando agregar valor à apicultura regional, o hidromel, bebida fermentada do mel e com aceitabilidade em diversas regiões do mundo, surge como uma alternativa para os apicultores do semiárido. Dessa forma, o estudo avaliou duas cepas da levedura *Saccharomyces cerevisiae* para a produção de hidromel, sendo uma comercial (Safbrew T-58) e a outra industrial (JP1). Foi utilizado mel de abelhas (*Apis mellifera* L.) do tipo silvestre, proveniente da Caatinga, para a obtenção de hidromel. O mosto foi preparado com mel diluído em água, resultando numa solução com 30 °Brix, inoculada com os dois tipos de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*). A fermentação alcoólica ocorreu à temperatura de 28-30°C e pH 4,5. Um estudo cinético foi realizado para comparar a concentração e massa celular e o teor de sólidos solúveis de soluções de mel diluído. Os valores obtidos para os parâmetros fermentativos avaliados demonstram que a levedura JP1 apresentou um desempenho fermentativo considerado superior nos quesitos rendimento ($Y_{p/s}$: 8,51g/g), eficiência ($\eta = 58,22\%$) e produtividade (Q_p : 0,12g/L.h⁻¹), quando comparada com a Safbrew T-58 ($Y_{p/s}$: 1,26g/g; η :24,61%; Q_p : 0,03g/L.h⁻¹). A concentração inicial de glicose que apresentou o melhor fator de

conversão de substrato em produto ($Y_{p/s}$ 12,3) foi o processo em descontínuo alimentado sob ação da levedura JP1.

Descritores: Mel; Fermentação; Levedura; Eficiência.

KINETIC ANALYSIS AND STUDY OF FERMENTATIVE PARAMETERS FOR THE PRODUCTION OF HYDROMEL

ABSTRACT: Seeking to aggregate value to regional beekeeping, mead, fermented honey drink and with acceptability in various regions of the world, emerges as an alternative to the semi-arid beekeepers. Thus, the study evaluated two strains of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* for the production of Mead, being a commercial (Safbrew T-58) and the other industrial (JP1). Honey of Bees (*Apis mellifera* L.) of the wild type, originating from the Caatinga, for obtaining mead. The mash was prepared with honey diluted in water, resulting in a 30 ° Brix solution, inoculated with the two types of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). Alcoholic fermentation occurred at the temperature of 28-30 ° C and PH 4.5. A kinetic study was conducted to compare the concentration and cellular mass and the soluble solids content of diluted honey solutions. The values obtained for the evaluated fermentation parameters demonstrate that the JP1 yeast presented a higher fermentation performance in the yields ($Y_{p/s}$: 8,51g/g), efficiency (η : 58,22%) and productivity (Q_p : 0,12g/L. h⁻¹), when compared with the Safbrew T-58 ($Y_{p/s}$: 1,26 g/g; η : 24,61%; Q_p : 0, 03g/L. h⁻¹). The initial glucose concentration that presented the best factor in the conversion of the product substrate (Y_p/S 12.3) was the discontinuous process fed under the action of the JP1 yeast.

Keywords: Honey; Fermentation; Yeast; Efficiency.

1. INTRODUÇÃO

Há muito tempo o homem faz consumo de produtos obtidos de processos microbianos como queijo, molho de soja, bebidas alcoólicas fermentadas, pão, iogurte, dentre outros (1). A degustação do álcool nas diversas civilizações, deu início com a revolução neolítica, estando o hidromel e a cerveja entre as bebidas mais consumidas nesse período com fatos datados de 2200 a.C. (2).

A apicultura brasileira distingue-se por pequenos produtores que empreendem até 150 colmeias de abelhas, empregando mão de obra familiar, conservando atividades

análogas, como principal, ou como complementar, à apicultura (3,4). Produtos levedados à base de mel são vastamente aceitados e consumidos na Europa. Na América Latina, destacam-se a Argentina e a Bolívia. No Brasil, esses produtos ainda não são conhecidos, talvez pela falta de informação e/ou estudos tecnológicos para aquisição dos mesmos (5).

Nos estados nordestinos, grande parte do mel é originário de floradas naturais do semiárido, a exemplo do marmeleiro, do angico, cipó-uva e de outras floradas, como a florada do caju, nas temporadas de entressafra (6). O hidromel é uma bebida alcoólica apreciada em quase todo mundo com diversos relatos etnológicos noticiados, contudo, ainda são incomuns as pesquisas científicas sobre o mesmo (7).

A utilização de um produto típico da apicultura de um determinado local para a produção de um artigo que seja mundialmente reconhecido poderá ser um diferencial que não se encontra em registros frequentes na literatura. É de extrema importância uma pesquisa com este foco na região do Semiárido no Cariri paraibano, devido ao grande potencial econômico, nutricional, social e cultural do produto apresentado, tendo em vista o desenvolvimento que a pesquisa poderá fornecer para a região, que irá possibilitar a geração de emprego e renda, além da importância nacional de um produto regional.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo principal analisar a cinética e os parâmetros fermentativos de hidromel produzidos sob determinadas condições, com o uso de duas cepas de *Saccharomyces cerevisiae* diferentes.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biotecnologia do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido - UFCG Campus Sumé, onde foram realizados os ensaios fermentativos. A fermentação alcoólica foi conduzida com cepas de *Saccharomyces cerevisiae*, no período de março de 2014 a abril de 2015. Foram utilizados frascos de mel originários da Caatinga, obtidos no mercado local e transportados ao laboratório, onde passaram por diluição e sanidade adequadas. Na fermentação foram avaliadas duas linhagens diferentes de levedura *Saccharomyces cerevisiae*, sendo uma comercial - Safbrew T-58 (fermento Fermentis T-58 envelope 11,5g) - e a outra industrial - FER.SC18/JP1 (O nome JP1 faz referência a Destilaria Japungú, na Paraíba, sendo a primeira levedura *Saccharomyces cerevisiae* selecionada em caráter comercial na região Nordeste do Brasil. É uma levedura adaptada a fermentações com temperaturas elevadas, entre 34 a 40°C).

Preparo do Mosto e Inoculo (Levedura Safbrew T-58 e Levedura JP1)

O mel foi diluído em água destilada, até atingir 30°Brix. O pH e °Brix foram ajustados para 4,5 e 30, respectivamente. Posteriormente, todo material foi autoclavado a 121°C, por 20 minutos, dentro do reator. Os valores de pH, após a diluição do mosto foram ajustados para 4,5 em pHmetro digital PH 2600 da marca Instrutherm. Para adequação do pH foi utilizado suco de limão e bicarbonato de sódio.

O meio para o inoculo da levedura Safbrew T-58 foi preparado e reservado em um recipiente próprio para a inoculação, o qual teve o pH e °Brix ajustados para 4,5 e 30, respectivamente, em seguida foi devidamente esterilizado em autoclave a 121°C, por 20 minutos, posteriormente cerca de 1,5g de levedura foi adicionada ao frasco para inoculo, sendo que essa etapa necessitou ser realizada em câmara de fluxo laminar para evitar contaminações. Em seguida, o inoculo foi adicionado imediatamente ao reator por uma entrada apropriada do biorreator.

O meio para o inoculo da levedura JP1 foi preparado, o qual teve parte reservada em um recipiente próprio para a inoculação (100 mL) e parte reservada em um Erlenmeyer (100 mL), o qual teve o pH e °Brix ajustados, em seguida ambos os frascos foram devidamente esterilizados em autoclave a 121°C, por 20 minutos. Em seguida, foi adicionado 1 mL da levedura ao Erlenmeyer que continha o mosto e o mesmo foi colocado no *Shaker* por 48 horas, com temperatura entre 28 e 30°C, sob agitação de 120 rpm. Após as 48 horas, o Erlenmeyer foi retirado do *Shaker* e o conteúdo foi transferido para o frasco próprio para inoculo, no qual foi colocado em *Shaker* por 24 horas com temperatura entre 28 e 30°C, sob agitação de 120 rpm para haver a propagação de células. Estas etapas necessitaram ser realizadas em câmara de fluxo laminar para evitar contaminações. Posteriormente, o inoculo foi adicionado imediatamente ao reator por uma entrada apropriada do biorreator.

Processo de Fermentação de Forma Descontínua

A fermentação foi conduzida em um Biorreator de bancada de 1,2 L, marca TECNAL, modelo Biotec-C. Após preparo do mosto, parte deste foi deixada no reator (1000 mL), o qual passou pelo processo esterilização em autoclave a 121°C, por 20 minutos. Posteriormente, o inoculo foi adicionado ao reator por uma entrada própria do biorreator e a partir de então, o biorreator foi devidamente ajustado para iniciar a fermentação de forma descontínua. Desta forma, deu início a fermentação que decorreu entre 28 e 30°C, com agitação de 120 rpm, onde a cada 24h foi retirada uma amostra

(10 mL) para verificar a concentração celular e o °Brix. Ao final do processo, o mosto foi retirado do reator e passou pelos processos de clarificação.

Processo de Fermentação de Forma Descontínua Alimentada

O processo foi conduzido de maneira semelhante ao da fermentação descontínua, sendo que após preparo do mosto, parte deste foi deixada no reator, outra parte foi reservada em um frasco apropriado, para ser diariamente alimentado ao biorreator (800 mL), e em seguida foi feita a esterilização deste material em autoclave a 121°C, por 20 minutos. Após a esterilização, o inóculo foi adicionado ao reator e a partir de então, o biorreator foi devidamente ajustado para iniciar a fermentação de forma descontínua alimentada.

Reciclo de células

Para os ensaios que continham a levedura comercial (Safbrew T-58), após a centrifugação, as leveduras foram conservadas em placas de Petri devidamente esterilizadas, onde o meio de cultura utilizado foi o próprio mosto e as mesmas foram reutilizadas nos processos seguintes.

Para os ensaios que empregaram a levedura industrial (JP1), após a centrifugação, as leveduras foram inoculadas no frasco próprio para inóculo que continha o mosto (200 mL), o qual foi agitado a 120 rpm por aproximadamente 72h. Posteriormente, o inóculo foi retirado do *Shaker* e inoculado por uma entrada própria do Biorreator.

Determinação da Concentração Celular e do °Brix

A concentração celular e a determinação das concentrações de açúcares foram realizadas por meio de filtração a vácuo e estão expressas em número de células por litro e em porcentagem, respectivamente.

Para a concentração celular, a cada 24h era retirada uma alíquota do biorreator (10 mL) que foi filtrada a vácuo. As células que ficavam retidas no papel filtro eram levadas para secar em uma estufa a 50°C e após 24 horas eram medidas por gravimetria em balança analítica e depois da pesagem era subtraído o peso do papel filtro.

Para a determinação das concentrações de solutos, após a filtração, era feita uma leitura direta do filtrado no refratômetro de bancada marca AbbeEEQ9006B.

Centrifugação e Filtração

Após o término de cada fermentação e encerramento do processo, o fermentado foi retirado do reator e colocado em centrífuga LogenScientificAlpax a 2000 rotação por minuto durante 20 minutos, onde o sobrenadante foi filtrado e o pellet (leveduras) foi reutilizado nos ensaios seguintes.

Após a centrifugação, o sobrenadante passou pela última etapa de clarificação, que foi o processo de filtração a vácuo, com papel filtro de poro 28µm, onde depois de filtrado o fermentado foi armazenado para ser apreciado pelos consumidores.

Determinação Do Etanol (°GL)

Parte do fermentado após o final da filtração foi reservada (500mL) para destilação, pois o densímetro não conseguia medir o teor alcoólico por conta da densidade do líquido. A destilação ocorreu em escala laboratorial em um alambique artesanal, construído com panela de alumínio e serpentina de cobre. Posteriormente, o teor alcoólico do destilado foi determinado por meio de leitura de densidade do líquido, utilizando um densímetro de vidro, em escala Gay-Lussac.

Parâmetros Fermentativos

Rendimento de Substrato em Produto

O fator de rendimento das fermentações alcoólicas foi calculado a partir da Equação 1. O cálculo foi sugerido por Gretschmann (8):

$$Y_{p/s} = \frac{P_f - P_i}{S_i - S_f} \quad (1)$$

Em que:

$Y_{p/s}$: rendimento

P_f : concentração final de etanol [g/L]

P_i : concentração inicial de etanol [g/L]

S_i : concentração inicial de açúcares

S_f : concentração final de açúcares

Eficiência (η)

A eficiência das fermentações alcoólicas foi calculada com base no rendimento teórico proveniente da equação de Gay-Lussac e de acordo com a Equação 2:

$$\eta = \frac{Y_{p/s} \text{obtido}}{Y_{p/s} \text{teórico}} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

$$Y_{p/s} \text{teórico} = 0,511 \text{ g/g}$$

Produtividade

A produtividade em etanol foi calculada conforme a Equação 3:

$$Q_p = \frac{P_f - P_i}{t} \quad (3)$$

Em que:

Q_p : produtividade

P_f : concentração final de etanol [g/L]

P_i : concentração inicial de etanol [g/L]

t : tempo de fermentação [h]

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de avaliar a fermentabilidade do Hidromel, foi realizada a fermentação em ensaios de forma descontínua e descontínua alimentada, utilizando como agente fermentador, a levedura *Saccharomyces cerevisiae* dos tipos Safbrew T-58 e JP1.

Cinética de Fermentação de Forma Descontínua e Descontínua Alimentada da Levedura Safbrew T-58

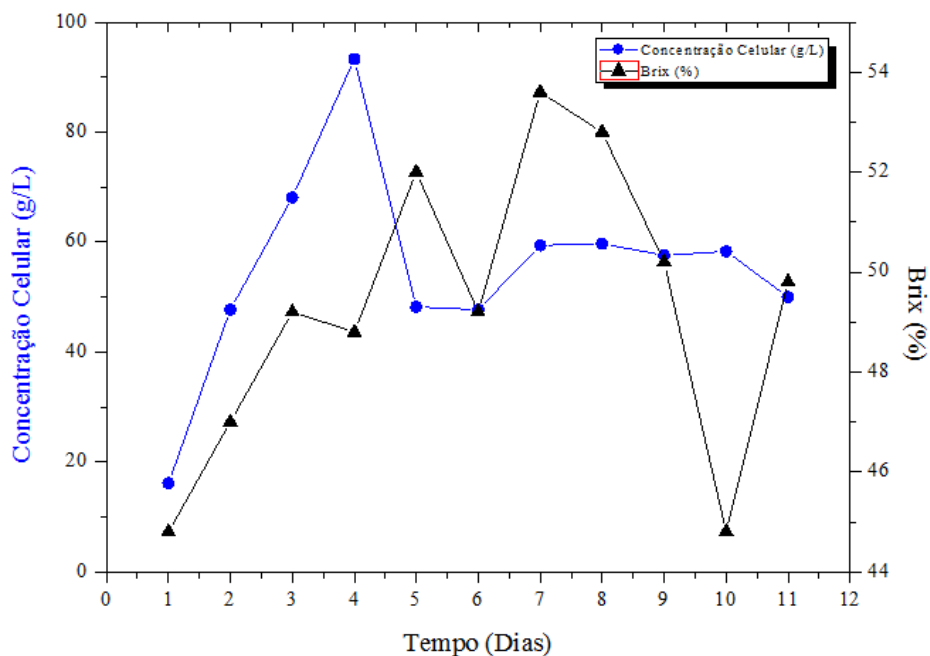


Figura 1. Curva de crescimento da Safbrew T-58 e da variação da concentração de solutos ($^{\circ}$ Brix), em função do tempo. Fonte: Autor.

Na Figura 1, a partir do segundo dia verifica-se a fase exponencial, que é a fase em que o etanol começa a ser produzido, na qual seu pico de produção celular foi observado no quarto dia, que chegou a 93,3 g/L. A partir de então houve uma brusca diminuição de células, que pode ser justificada pelo aumento da temperatura ou estresse da levedura devido ao aumento da concentração de metabólitos, como etanol e CO_2 , por exemplo, ou pela redução na quantidade de nutrientes do substrato. Do sétimo ao nono dia foi possível identificar a fase estacionária, Pereira e colaboradores (9) afirmam que, a produção de etanol no hidromel pode ainda ser observada ao longo desta fase. Posteriormente, observa-se a fase de declínio.

Com relação ao $^{\circ}$ Brix, o consumo permaneceu praticamente inconstante durante todo o processo.

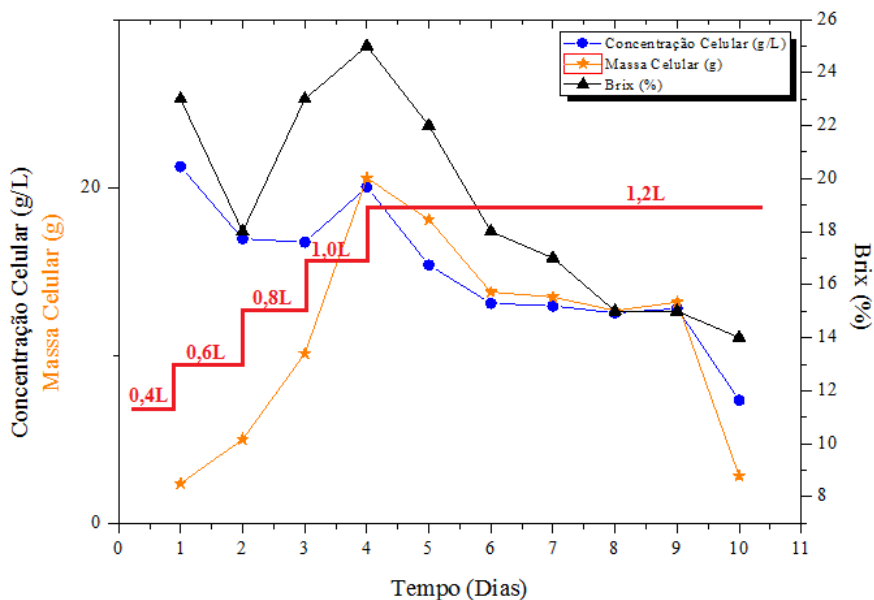


Figura 2. Curva de crescimento da Safbrew T-58 e da variação da concentração de solutos, em função do tempo. A linha vermelha indica o volume no Biorreator em relação ao tempo. Ensaio com reciclo de células. Fonte: Autor.

Por meio da Figura 2 analisamos o crescimento microbiano e o consumo de glicose da produção de Hidromel referentes ao ensaio fermentativo de forma descontínua alimentada.

Com relação a concentração celular, o gráfico da Figura 2 demonstra que à medida que ocorria a alimentação, houve um decréscimo entre o primeiro e o segundo dia, e a partir de então a concentração celular aumentou, sendo que no quarto dia de alimentação houve um pico de produção celular. Do sexto ao nono dia, podemos identificar a fase estacionária, que também foi identificada como fase produtora de etanol. A partir de então, podemos identificar a fase de declínio.

Com relação a massa celular, no período entre o primeiro ao quarto dia foi possível identificar a fase *log*. Do sexto ao nono dia, identificamos a fase estacionária, e a partir de então, a fase de declínio.

Já com relação a concentração de solutos, ocorreu uma variação durante a alimentação e a partir do sexto dia, quando o volume permaneceu constante, o substrato foi sendo totalmente consumido, podendo ocasionar um menor tempo de fermentação e otimização do processo.

Cinética de Fermentação de Forma Descontínua e Descontínua Alimentada da Levedura JP1

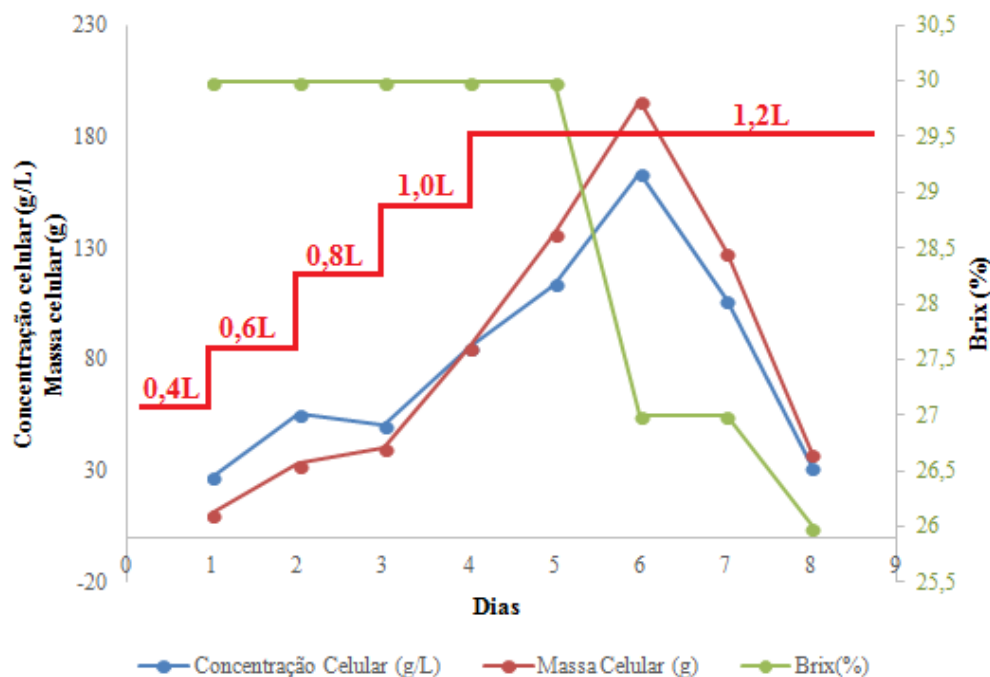


Figura 3. Curva de crescimento da JP1 e da variação da concentração de solutos, em função do tempo. A linha vermelha indica o volume no Biorreator em relação ao tempo. Fonte: Autor.

Por meio da Figura 3 analisamos o crescimento microbiano e o consumo de glicose da produção de Hidromel referentes ao ensaio fermentativo descontínuo alimentado. Os valores de concentração e massa celular permaneceram praticamente idênticos, sendo que a fase *lag* pode ser observada do primeiro ao terceiro dia. A medida que ocorria a alimentação pode-se observar a fase exponencial a partir do terceiro dia, na qual seu pico de produção celular foi no sexto dia e a partir de então, entrou na fase de declínio.

Com relação a concentração de solutos, o consumo permaneceu praticamente constante do primeiro ao quinto dia e a partir desse ponto, pode ser observado o consumo do substrato.

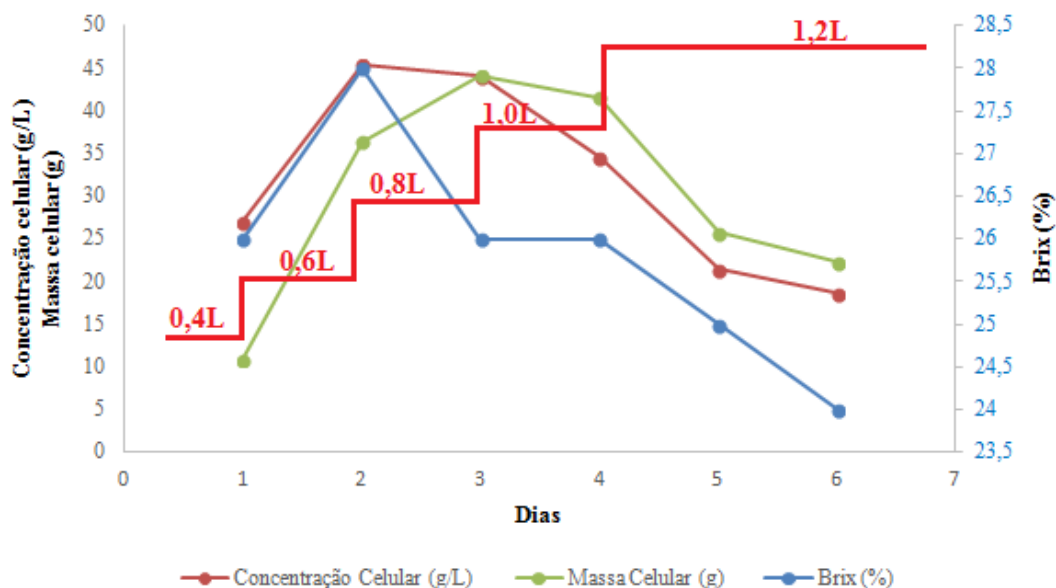


Figura 4. Curva de crescimento da JP1 e da variação da concentração de solutos, em função do tempo. A linha vermelha indica o volume no Biorreator em relação ao tempo. Ensaio com reciclo de células. Fonte: Autor.

A Figura 4 demonstra o crescimento microbiano e o consumo de glicose da produção de Hidromel referentes ao ensaio fermentativo de maneira descontínuo alimentado com reciclo de células.

No segundo dia, ocorreu um pico na concentração celular, o que pode ser justificado pelo fato do processo ser com reciclo de células e a levedura estar adaptada as condições de meio. Posteriormente, verifica-se que houve uma diminuição no número de células, o que pode estar relacionado ao aumento da temperatura, ao estresse da levedura por advir de outro processo ou pela redução na quantidade de nutrientes do substrato.

Em relação a massa celular, nota-se que houve um aumento do primeiro ao terceiro dia, e a partir de então, entrou na fase de declínio.

Com relação a concentração de solutos, a partir do segundo dia o substrato começou a ser consumido.

Parâmetros Fermentativos

A partir das concentrações iniciais e finais de células, °Brix, etanol e do tempo final de fermentação, os parâmetros fermentativos foram calculados por meio das equações exibidas na metodologia e os resultados encontram-se nas Tabelas 2 e 4.

Tabela 1: Caracterização do mosto no processo de produção de hidromel para a levedura Safbrew T-58.

Levedura Safbrew T-58						
Características	Concentração Celular (g/L)		°Brix (%)		Etanol (°GL)	Tempo de Fermentação (h)
	Inicial	Final	Inicial	Final	Final	
1-Descontínuo	16,1	50	44,8	49,8	4,8	336
2-Descontínuo Alimentado	21,24	7,31	23	14	14	264
Média	18,67	28,65	33,9	31,9	9,4	300

Fonte: Autor.

A análise destes resultados demonstra que a quantidade de solutos consumidos (°Brix inicial - °Brix final) ao final das fermentações produziu em média 9,4°GL, o que demonstra que a levedura apresentou um bom desempenho relacionado ao etanol. Com relação ao tempo, observa-se que a fermentação mais rápida foi a fermentação em processo descontínuo alimentado. Verifica-se ainda que a produção de etanol pela levedura Safbrew T-58 foi maior no mosto com 23 °Brix. Estes resultados permitiram estimar o desempenho fermentativo da levedura Safbrew T-58 ao longo das fermentações, por meio da determinação do fator de rendimento ($Y_{p/s}$), eficiência (η) e produtividade (Q_p), cujos resultados encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros fermentativos referentes a levedura Safbrew T-58

Características	Rendimento ($Y_{p/s}$) [g/g]	Eficiência (η) [%]	Produtividade (Q_p) [g/L.h⁻¹]
1-Descontínuo	0,96	18,78	0,01
2-Descontínuo Alimentado	1,56	30,44	0,05
Média	1,26	24,61	0,03

Fonte: Autor.

Estes resultados permitem observar que os valores do fator de rendimento, bem como da eficiência da fermentação alternaram ao longo do ciclo das fermentações, ao passo que a produtividade aumentou progressivamente.

Desta forma, observa-se que a variação da produtividade da segunda fermentação foi superior a primeira, o que se deve a redução do tempo de fermentação (Tabela 1) devido a adaptação da levedura às condições do processo. Avaliando todos os parâmetros (produtividade, rendimento e eficiência) verificamos que a levedura Safbrew T-58 se desenvolveu melhor no meio constituído de mel 23°Brix. Assim, verificou-se a conversão do açúcar em etanol conferindo um maior rendimento e eficiência da

fermentação, porém, inibiu a capacidade da levedura em consumir o açúcar presente no meio constituído de 44,8°Brix.

Bortilini, Sant'anna e Torres (10) analisando o comportamento das fermentações alcoólica e acética em mosto ordenado com suco de kiwi, descobriram valores de rendimento e eficiência da fermentação alcoólica que alteraram de 0,39 a 0,47 g/g e 75,62 a 92,41%, respectivamente, sendo a eficiência bem maior do que a encontrada neste trabalho (18,78 e 30,44%), porém os valores de rendimento encontrados foram superiores (0,96 a 1,56). Entretanto, os valores de produtividade citados por estes autores variaram de 0,74 a 2,00 g/L.h⁻¹, por conseguinte superiores aos conseguidos no presente trabalho (0,01 a 0,05 g/L.h⁻¹). Valores inferiores, que alternaram de 0,10 a 0,28 g/L.h⁻¹, também foram referidos por Tessaro e colaboradores (11) ao fazerem avaliação do processo de produção de vinagre a partir de mosto formulado com suco de laranja empregando *Saccharomyces cerevisiae* obtido a partir de fermento biológico comercial, como agente de fermentação.

Ilha e colaboradores (12) ao estudarem os parâmetros fermentativos alcançados na produção de hidromel obtiveram valores de rendimento (0,41 g/g) e eficiência (81,27%) superiores aos encontrados no presente trabalho. Todavia, segundo Hashizume (13), mesmo em condições experimentais bem controladas, o rendimento superior não extrapola 0,48 g/g e, em processos industriais, o rendimento é ainda menor.

Desta forma, os valores obtidos para os parâmetros fermentativos avaliados demonstram que a levedura Safbrew T-58 apresentou um desempenho fermentativo considerado médio, necessitando de suplementação do meio.

Tabela 3: Caracterização do mosto no processo de produção de hidromel para a levedura JP1.

Levedura JP1						
Características	Concentração Celular (g/L)		°Brix (%)		Etanol (°GL)	Tempo de Fermentação (h)
	Inicial	Final	Inicial	Final	Final	
1-Descontínuo	9,48	31,60	30	26	18,88	240
2-Descontínuo Alimentado	31,60	18,6	26	24	24,6	144
Média	20,54	25,1	28	25	21,74	192

Fonte: Autor.

Com relação aos açúcares consumidos, os valores obtidos nos ensaios foram comparáveis aos da levedura Safbrew T-58. A análise destes resultados demonstra que

a levedura JP1 apresentou bom desempenho fermentativo em todos os valores de °Brix, sendo o melhor desempenho no mosto constituído de mel entre 26°Brix, o que pode ser justificado pelo fato da levedura estar adaptada as condições de meio.

Em relação a quantidade de solutos consumidos (°Brix inicial - °Brix final), observa-se que ao final das fermentações a levedura JP1 teve um melhor desempenho com relação a levedura Safbrew T-58 (Tabela 1).

Com relação ao tempo e a produção de etanol, observa-se que as fermentações foram mais rápidas ao longo das fermentações da levedura JP1 quando comparada a Safbrew T-58. Observa-se ainda que, no processo com reciclo de células (descontínuo alimentado) a levedura JP1 produziu cerca de 24,6 °GL de etanol em 144 horas, o que mostra a otimização do processo. Estes resultados permitiram estimar o desempenho fermentativo da levedura JP1 ao longo das três fermentações, por meio da determinação do fator de rendimento ($Y_{p/s}$), eficiência (η), produtividade (Q_p) e consumo de glicose, cujos resultados encontram-se apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros fermentativos referentes a levedura JP1

Características	Rendimento ($Y_{p/s}$) [g/g]	Eficiência (η) [%]	Produtividade (Q_p) [g/L.h⁻¹]
1-Descontínuo	4,72	92,37	0,08
2-Descontínuo Alimentado	12,3	24,07	0,17
Média	8,51	58,22	0,12

Fonte: Autor.

Estes resultados permitem observar que os valores do fator de rendimento, bem como da eficiência da fermentação alternaram ao longo das fermentações, ao passo que a produtividade aumentou progressivamente ao longo do procedimento.

Desta forma, observa-se que a variação da produtividade foi superior quando comparada com a Safbrew T-58 (Tabela 2), o que se deve a redução do tempo de fermentação (Tabela 3). Com relação aos parâmetros rendimento e eficiência da fermentação nota-se que a levedura JP1 apresentou um desempenho superior ao da Safbrew T-58. Assim, verificou-se a conversão do açúcar em etanol conferindo um maior rendimento e eficiência da fermentação.

4. CONCLUSÕES

- Os valores obtidos para os parâmetros fermentativos avaliados demonstram que a levedura JP1 apresentou um desempenho fermentativo considerado superior nos quesitos rendimento, eficiência e produtividade, quando comparada com a Safbrew T-58.
- O processo apresentou o melhor fator de conversão de substrato em produto ($Y_{p/s}$ 12,3) foi o processo em descontínuo alimentado sob ação da levedura JP1;
- O processo que apresentou o melhor fator de Eficiência (η) foi o processo em descontínuo sob ação da levedura JP1;
- O processo que apresentou o melhor fator de Produtividade (Q_p) foi o processo em descontínuo sob ação da levedura JP1;
- Os ensaios com reciclo de células obtiveram altos valores de eficiência, rendimento e produtividade da fermentação.
- Como na literatura há poucos resultados do cultivo dessas leveduras realizados em fermentador através do processo descontínuo e descontínuo alimentado, sugere-se que novos estudos sejam realizados para que os parâmetros cinéticos aqui apresentados possam ser confrontados.

REFERÊNCIAS

1. TUSE, D. Single cell protein: current status and future prospects. **Food Science**, v.19, n.4, p.273-325, 1994.
2. LINO, T.A.L.R. **Alcoolismo** - da causa à doença. [S.l]: [s.n], 2006. 21p. Trabalho de Licenciatura. Disponível em: <http://www.psicologia.com.pt/artigos/ver_artigo_licenciatura.php?codigo=TL0054>. Acesso em: 11 março. 2015.
3. VERAN, E. H. **Santa Catarina no Mercosul e no mercado internacional: Aplicação das medidas sanitárias da OMC**. Dissertação (Mestrado em Ciências)– Universidade do Sul de Santa Catarina, 2005.
4. BIALOSKORSKI NETO, S. **Cooperativas: economia, crescimento, e estrutura de capital**. 1998. (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
5. MATTIETTO, R.A.; LIMA, F.; VENTURIERI, G.C.; ARAÚJO, A. A. de. **Tecnologia para obtenção artesanal de hidromel do tipo doce**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 5 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 170).

6. USAID. **Análise da indústria do mel**: inserção de micro e pequenas empresas no mercado internacional. DAI/ BRASIL, v. 2, 42 p., 2006.
7. TERAMOTO, Y.; SATO, R.; UEDA, S. Characteristics of fermentation yeast isolated from traditional Ethiopian honey wine, *ogol*. **African Journal of Biotechnology**, v.4, n.2, p.160-163, 2005.
8. GRETSCHMANN, A.S. Ajuste de curvas na produção de etanol num processo em batelada. In: X ENCONTRO GAÚCHO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10., 2009, Ijuí: Anais... Ijuí: Trabalhos X EGEM. 2009. Disponível em: Acesso em : 20 novembro. 2017.
9. PEREIRA, A.P., DIAS, T., ANDRADE, J., RAMALHOSA, E., Estevinho, L.M., 2009. Mead production: Selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Food and Chemical Toxicology*, **47**, 2057-2063.
10. BORTOLINI, F.; SANT'ANNA, E. S.; TORRES, R. C. Comportamento das fermentações alcoólica e acética de sucos de kiwi (*Actinidia deliciosa*); composição dos mostos e métodos de fermentação acética. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n.2, p. 236- 243, 2001.
11. TESSARO, D.; LARSEN, A. C.; DALLAGO, R. C.; DAMASCENO, S. G.; SENE, L.; COELHO, S. R. M. Avaliação das fermentações alcoólica e acética para produção de vinagre a partir de suco de laranja. **Acta Scientiarum Technology**, v. 32, n. 2, p. 201-205, 2010.
12. ILHA, E. C.; BERTOLDI, F. C.; REIS, V. D. A.; SANT'ANNA, E. Rendimento e Eficiência da Fermentação Alcoólica na Produção de Hidromel. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, Embrapa, v. 84, 2008.
13. HASHIZUME, T. Fundamentos de tecnologia do vinho. In: AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W. (Ed.). **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo: E. Blücher, v. 5, 1983. 243p.