



CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, ENERGÉTICA E SENSORIAL DE HIDROMEL PRODUZIDO A PARTIR DE CINCO TIPOS DE LEVEDURAS ALCOÓLICA

Luciana Trevisan Brunelli¹, Vitor Massami Iamizumi² & Waldemar Gastoni Venturini Filho³

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo produzir hidromel a partir de cinco cepas de levedura alcoólica (panificação, vinho branco, vinho tinto, cerveja e hidromel) e caracterizá-lo físico-química, energética e sensorialmente. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e três repetições, totalizando 15 unidades experimentais. Após a diluição do mel, o mosto (30 °Brix) foi transferido para cinco barriletes de PVC com capacidade de 10 litros. A inoculação foi realizada com leveduras secas na concentração de 3 g L⁻¹. A fermentação transcorreu em temperatura de 18±2 °C e acompanhada diariamente até a estabilização do teor de sólidos solúveis. Após o final da fermentação foi feita a descuba. Os fermentados foram atestados e deixados em repouso à temperatura de 10±2 °C por 30 dias. Depois desse período, foi realizada a primeira trasfega, e os fermentados permaneceram em repouso por mais 30 dias, sob atesto. Na segunda trasfega, as bebidas foram acondicionadas em garrafas de vidro transparente com capacidade de 660 mL. As garrafas foram vedadas com rolha de cortiça e armazenadas em temperatura de 5±2 °C. Os hidromeis foram analisados físico-quimicamente para pH, acidez total, volátil e fixa, teor alcoólico, açúcares redutores totais, extrato seco, extrato seco reduzido, cor, turbidez, umidade, proteína, lipídeo e cinzas; a concentração de carboidratos e os valores energéticos foram calculados. A análise sensorial foi realizada por teste de aceitação (escala hedônica). A análise estatística (ANOVA), para as análises físico-químicas, energéticas e sensoriais foi feita pelo teste F e as médias dos tratamentos comparados entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. As leveduras de vinho branco, hidromel e cerveja foram mais eficientes na fermentação do açúcar e apresentaram os menores valores de turbidez. Os teores de álcool nas bebidas influenciaram predominantemente os valores energéticos dos hidromeis elaborados com diferentes tipos de leveduras alcoólicas.

PALAVRAS-CHAVE: fermentação, bebida alcoólica, *Saccharomyces cerevisiae*, escala hedônica, valor energético.

PHYSICOCHEMICAL, ENERGY AND SENSORY CHARACTERIZATION OF HYDROMEL PRODUCED FROM FIVE TYPES OF ALCOHOLIC YEAST

ABSTRACT: This work aimed to produce mead using five strains of alcoholic yeast (baker's, white wine, red wine, beer and mead) and characterize them physicochemically, energetically and sensorially. The experimental design was completely randomized, with five treatments and three replicates, totaling 15 experimental units. After the honey dilution, the wort (30 °Brix) was transferred to five plastic barrels with a capacity of 10 liters. The inoculation was performed with dry yeasts at the concentration of 3 g.L⁻¹. The fermentation occurred at temperatures of 18 ±2 °C and was daily monitored until the stabilization of soluble solids content. The fermented beverages were aged at 10 ±2 °C for 30 days. After this period, the first racking was performed and the fermented beverages aged for another 30 days. In the second racking, the beverages were bottled in clear glass bottles with a capacity of 660 mL. The bottles were sealed with a cork stopper and stored at temperature of 5 ±2 °C. The meads were physicochemically analyzed for pH, total, volatile and fixed acidity, alcoholic content, total reducing sugars, dry extract, reduced dry extract, color, turbidity, moisture, protein, lipid, and ash. In addition the carbohydrate concentration and the energy values were calculated. The sensorial analysis was performed by the acceptance test (hedonic scale). Statistical analysis (ANOVA) for physicochemical, energetic and sensorial analyzes was performed by the F test and the means of the treatments were compared to each other by the Tukey test at 5% of probability. The yeasts of white wine, mead, and beer were more efficient to sugar fermentation and presented the lowest values of turbidity. The alcohol content of the beverages influenced the energy values of meads made with different types of alcoholic yeasts.

KEYWORDS: Fermentation, alcoholic beverage, *Saccharomyces cerevisiae*, Hedonic scale, energy value.

1 INTRODUÇÃO

A atividade da apicultura é responsável pela geração de empregos, além de proporcionar o aumento de renda, sobretudo para o agricultor familiar. O mel é um produto natural, versátil e altamente fermentescível, com sabor e aroma característicos; e devido à grande variação de cor

^{1, 2, 3} Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP/FCA. Departamento de Horticultura. Laboratório de Bebidas. Endereço: Rua José Barbosa de Barros, 1780. Botucatu/SP. CEP.18610307.E-mails: lutbrunelli@gmail.com ; vtr_massami@hotmail.com; venturini@gmail.com

e sabor, é um ingrediente que pode ser utilizado na produção de bebida (CRANE, 1987).

O hidromel é uma bebida prevista pela legislação brasileira (BRASIL, 2009, 2012), contudo, não é conhecido pelos brasileiros em geral. É uma bebida fermentada a base de mel, elaborada de modo artesanal. Esse produto ainda não motiva o interesse comercial por parte da indústria brasileira de bebidas alcoólicas, seja ela de grande, médio ou pequeno porte. Os apicultores que se dedicam à produção do hidromel, como atividade complementar à produção de mel, executam-na sem registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A produção de hidromel pode se constituir numa atividade economicamente rentável aos apicultores, entretanto há a necessidade de promover a sua qualificação em tecnologia de produção da bebida, o que proporcionará um reflexo positivo na qualidade sanitária, química e sensorial da bebida comercializada (BRUNELLI et al., 2016).

As características organolépticas, principalmente o aroma e o sabor, das bebidas alcoólicas estão diretamente relacionadas com o tipo de levedura empregada no processo fermentativo. O etanol é o principal produto excretado pelas leveduras durante a fermentação; entretanto, este álcool apresenta baixa influência no sabor da bebida. Os compostos que conferem aroma e sabor à bebida são formados por meio do metabolismo secundário da levedura (GUERRA, 2010).

As leveduras empregadas no processo de fermentação do hidromel são do gênero *Saccharomyces* (SCHULLER; CASAL, 2005). Elas devem apresentar alta velocidade de fermentação; tolerância à elevada concentração de álcool, de açúcares e de ácidos orgânicos; elevado poder floculante; além de produzir compostos aromáticos que contribuam com o aroma e sabor da bebida (BRUNELLI et al., 2016).

A preocupação com a composição dos alimentos tem se tornado crescente, e desde a década de 1980 há uma maior conscientização do público no que diz respeito à relação entre dieta e saúde (HICKMAN et al., 1993 apud CELESTE, 2001). De acordo com Couig (1993) apud Castro (2000), o conjunto de informações que são expressas nas embalagens dos alimentos pode ser útil como ferramenta para prevenir problemas de saúde e simultaneamente exercer um papel educativo nos hábitos alimentares. As informações do rótulo devem, obrigatoriamente, descrever as características do produto, de modo a informar o consumidor sobre as suas características químicas e nutricionais (MARINS; JACOB; PERES, 2008).

O valor energético de um alimento pode ser determinado de três maneiras: diretamente por bomba calorimétrica, indiretamente por cálculo centesimal e pela tabela de composição de alimentos e bebidas. A determinação do valor energético de forma indireta de um alimento é feita considerando o calor de combustão e a digestibilidade de proteínas, lipídios e carboidratos; e quando presente,

pelo teor de álcool. O cálculo para obtenção do valor energético é feito a partir dos teores de carboidratos, proteínas, lipídeos e álcool, utilizando fatores de conversão de 3,75; 4; 9 e 7 kcal g⁻¹ respectivamente (SOUTHGATE; DURIN, 1970; MOREIRAS TUNI et al., 2016).

O objetivo do presente trabalho foi produzir e caracterizar físico-química, sensorial e energeticamente hidromeis elaborados com mel de eucalipto, utilizando como agente fermentativo cinco cepas de levedura alcoólica (panificação, vinho branco, vinho tinto, cerveja e hidromel).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

O mel de eucalipto (*Eucalyptus spp*) empregado na elaboração dos hidromeis foi adquirido na empresa Lambertucci, situada no município de Rio Claro, SP. Para a diluição do mel, utilizou-se água proveniente da rede pública, filtrada em carvão ativo. As bebidas foram elaboradas a partir de mosto com a concentração de sólidos solúveis de 30 °Brix. As leveduras alcoólicas (*Saccharomyces cerevisiae*) utilizadas na fermentação foram a de panificação seca ativa (marca *Fleischmann*); cervejeira de alta fermentação seca ativa (marca *Lallemand, Windson*); vinificação de vinho branco seca ativa (marca *Blastosel, FR 95*); vinificação de vinho tinto seca ativa (marca *Blastosel, GrandCru*); hidromel seca ativa (marca *Red Star, Cote des Blancs*).

Os equipamentos usados no processamento do hidromel foram barriletes de policloreto de vinila (PVC) com capacidade de 10 litros, garrafões de vidro de 4,5 litros para atesto e maturação da bebida; garrafas de vidro transparente com capacidade de 660 mL para acondicionamento da bebida; bomba peristáltica (marca Masterflex, modelo Economy Drive); rolhas de cortiça; válvula de Müller (*airlock*).

2.2 Método

Planejamento experimental e análise estatística

O ensaio de produção de hidromel foi realizado por meio da produção de bebidas a partir de cinco cepas de leveduras alcoólicas (panificação, cerveja, vinho branco, vinho tinto e hidromel). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e três repetições, totalizando 15 unidades experimentais. Os resultados das análises físico-químicas do mel de eucalipto e do mosto foram apresentados como médias seguidas de desvio padrão. A análise estatística (ANOVA) para os resultados das análises físico-químicas e sensoriais dos hidromeis foi realizada pelo teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade (VIEIRA, 2006) com auxílio do *software* estatístico ASSITAT (SILVA; AZEVEDO, 2009).

A elaboração dos hidromeis foi baseada no método clássico para de fabricação do vinho branco (CATALUÑA, 1991; GUERRA, 2010). As bebidas foram preparadas a partir da mistura de mel de eucalipto e água filtrada, para obter um mosto (30 L) com concentração de sólidos solúveis de 30 °Brix; conforme o balanço de massa mostrado a seguir (Equação 1 e 2).

$$\text{Mel} + \text{Água} = \text{Mosto}$$

$$B_1 \cdot M_1 + B_2 \cdot M_2 = B_3 \cdot M_3 \quad (1)$$

$$M_1 + M_2 = M_3 \quad (2)$$

Onde: B₁: Brix do mel; M₁: massa do mel; B₂: °Brix da água; M₂: massa da água; B₃: °Brix do mosto; M₃: massa do mosto.

Após a diluição do mel, o mosto (30 L) foi fracionado (5 L) e transferido para cinco barriletes de PVC com capacidade de 10 litros. A inoculação foi realizada com leveduras secas (panificação, vinho branco, vinho tinto, cerveja e hidromel), na concentração de 3 g.L⁻¹. Para cada barrilete, a levedura foi suspensa em 1 L de mosto a 35°C por 10 minutos e depois misturada ao restante do mosto, sob agitação, por 1 minuto. A fermentação transcorreu na temperatura de 18±2 °C e foi acompanhada diariamente até a estabilização do teor de sólidos solúveis (°Brix). Após o final da fermentação, realizou-se a descuba, separando-se o fermentado da borra decantada (levedura e sólidos insolúveis). Como o tempo de fermentação foi diferente para cada tipo de fermento, a descuba foi realizada no nono dia para o tratamento elaborado com levedura de hidromel; décimo dia para os tratamentos com leveduras de cerveja, vinho branco e vinho tinto; e décimo terceiro dia para o tratamento com levedura de panificação. Nessa etapa, o fermentado foi transferido para garrações de vidro verde (4,5 L), por meio de uma bomba peristáltica, a fim de separá-lo do resíduo decantado. A seguir, foi realizado o atesto e os garrações foram fechados com válvulas de Müller. Os fermentados foram deixados em repouso à temperatura de 10±2 °C, por 30 dias, momento no qual a bebida apresentou aspecto de transparência e limpidez. Depois desse período, foi realizada a primeira trasfega, com o mesmo propósito da descuba, sendo que os fermentados permaneceram em repouso por mais 30 dias, para a separação da borra. Na segunda trasfega, as bebidas foram acondicionadas em garrafas de vidro transparentes com capacidade de 660 mL. As garrafas foram vedadas com rolha de cortiça e armazenadas em temperatura de 5±2 °C.

Análises físico-químicas

O mel foi analisado quanto ao teor de umidade, sólidos solúveis, açúcares redutores, açúcares redutores totais, sacarose, pH, acidez livre, lactônica e total (BRASIL, 2005). A determinação de intensidade de cor foi

realizada com leitura em espectrofotômetro (Biochrom UV-visível, modelo Libra S60) no comprimento de onda de 650 nm de uma solução 50 % (m/v) de mel em água deionizada (cubeta quadrada, 10 mm em vidro óptico) e com auxílio da Tabela 1, foi realizada a correspondência da absorbância lida com a cor do mel (MONTENEGRO et al., 2005).

Tabela 1 - Comparação entre cor, mm Pfund e absorbância.

Cor do Mel	Faixa de cor (Inc)*
Branco água	Menos de 0,125
Extra branco	Mais de 0,125 a 0,148
Branco	Mais de 0,148 a 0,195
Âmbar extra claro	Mais de 0,195 a 0,238
Âmbar claro	Mais de 0,238 a 0,333
Âmbar	Mais de 0,333 a 0,411
Escuro	Mais de 0,411

* incidência (absorbância a 650 nm em espectrofotômetro)
Fonte: Montenegro et al. (2005).

Os mostos foram analisados quanto ao pH, acidez total, volátil e fixa (BRASIL, 2005), açúcares redutores totais, conforme o método de Lane-Eynon descrito por Copersucar (2001), turbidez (turbidímetro marca Hach, modelo 2100N, em unidades NTU). A determinação da intensidade de cor foi realizada da mesma forma que no mel.

Nas bebidas, foram analisados os mesmos parâmetros físico-químicos citados para os mostos, acrescido do teor alcoólico determinado pelo método de destilação (destilador marca Büchi, modelo K-355; densímetro digital marca Mettler, modelo KEM DA-310 e tabela de conversão densidade/teor alcoólico), segundo Brasil (2005), extrato seco e extrato seco reduzido, de acordo com Cataluña (1991), umidade determinada pelo método de secagem em estufa (marca Fanem, modelo 315 SE) a 105°C e cinzas por incineração em mufla (marca EDG, modelo EDG3P-S) a 550°C, de acordo com Brasil (2005), lipídio total determinado pelo método proposto por Bligh e Dyer (1959), proteína bruta determinada a partir do teor de nitrogênio total, usando fator 6,25, pelo método Kjeldahl modificado (BRASIL, 2005). O carboidrato foi calculado pela diferença entre 100 e a soma dos demais constituintes (umidade, proteínas, lipídios, cinzas e álcool) (MOREIRAS TUNI et al., 2016; TACO, 2011). Para o cálculo do carboidrato, o teor alcoólico em % v/v foi convertido em % m/m por meio da equação 3.

$$\text{Teor alcoólico} = \frac{V_{\text{etanol}} \cdot D_{\text{etanol}}}{V_{\text{sol}} \cdot D_{\text{sol}}} \quad (3)$$

Onde: V etanol = volume de etanol no destilado, em mL;
D etanol = densidade do etanol, 0,789 g.mL⁻¹; V sol =

volume do destilado, 100 mL; D sol = densidade do destilado, em g.mL⁻¹.

Determinação do valor energético

Os valores calorimétricos dos hidromeis foram calculados e os resultados expressos em kcal e kJ. Esses valores foram determinados a partir da composição centesimal, por meio da determinação dos teores de proteína, lipídeo, carboidrato e álcool, e se utilizou os fatores energéticos de conversão proposto por Southgate e Durnin (1970). Proteína: 4 kcal.g⁻¹; Lipídeo: 9 kcal.g⁻¹; Carboidrato: 3,75 kcal.g⁻¹; Álcool: 7 kcal.g⁻¹ (Equação 4).

$$VE = FC * CN \quad (4)$$

Onde: VE = valor energético (kcal.100g⁻¹); FC = fator de conversão específico (kcal.g⁻¹); CN = concentração do componente nutricional na bebida (g.100g⁻¹).

Os valores energéticos expressos em kJ foram estimados a partir dos valores em kcal multiplicado diretamente pelo fator de conversão 4,184.

Análise sensorial

Os hidromeis foram analisados sensorialmente por teste de aceitação, escala hedônica estruturada de nove pontos, ancorada pelas notas 1 (desgostei extremamente) e 9 (gostei extremamente) (BRASIL, 2005; BEHRENS, 2011). Foram avaliados os seguintes atributos: aparência, odor, sabor e avaliação global. Para cada provador, foram oferecidas as cinco bebidas (tratamentos), água potável e biscoito água e sal, e a ficha de avaliação. As amostras foram servidas em taças de vidro contendo 20 mL da bebida a temperatura aproximada de 5 °C. Os testes foram conduzidos com balanceamento de amostras, sob luz branca.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO MEL EUCALIPTO

O mel de eucalipto utilizado na elaboração das bebidas (Tabela 2) apresentou teor de umidade, açúcar redutor, sacarose e acidez total dentro dos limites estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2000).

Instrução Normativa n. 11 de 20 de outubro de 2000 (BRASIL, 2000) estabelece a identidade e os requisitos mínimos de qualidade que deve cumprir o mel destinado ao consumo humano. O mel floral deve apresentar teor mínimo de açúcares redutores de 65%, umidade máxima de 20%, sacarose aparente máxima de 6% e acidez total máxima de 50 mEq.kg⁻¹.

Tabela 2 - Análise do mel eucalipto utilizado na fabricação dos hidromeis.

Parâmetros	Eucalipto
Sólidos Solúveis (°Brix)	80,10 ±0,02
Umidade (%)	16,10±0,11
Açúcar Redutor (% m/v)	70,86±0,21
Açúcar Redutor Total (%m/v)	77,50±0,13
Sacarose (%m/v)	6,02±0,14
Acidez Livre (mEq.Kg ⁻¹)	15,16±0,15
Acidez Lactônica (mEq.Kg ⁻¹)	1,32±0,942
Acidez Total (mEq.Kg ⁻¹)	16,21±0,25
pH	3,49±0,02
Faixa de cor (A _{650 nm})	0,363
Cor do mel	Âmbar

Dados expressos com média de 3 replicatas ± desvio padrão.

3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS MOSTOS E DOS HIDROMEIS

O mosto elaborado com mel de eucalipto utilizado na elaboração das bebidas está caracterizado na Tabela 3. O valor de pH do mosto se manteve ácido; isso é compreendido pois segundo Iurlina e Fritz (2005), o mel apresenta valor de pH médio de 3,9. Os valores de pH dos mostos estão próximos dos valores sugeridos por Gupta e Sharma (2009) para produção de hidromel, que devem ser de 3,4 a 4,0.

Observa-se que o mel atribui acidez ao mosto (acidez total, fixa e volátil), fato esperado, pois o mel é constituído por cerca de 0,57 % de ácidos orgânicos (o ácido glucônico está presente em maior quantidade), que são os responsáveis pela acidez do mel (Tabela 2), além de contribuírem consideravelmente para o seu sabor característico (ANKLAM, 1998; CAMARGO et al, 2006).

O mosto apresentou concentração final de 30 °Brix, de acordo com o proposto no planejamento experimental. O teor de açúcares redutores totais do mosto indica que os principais componentes do mel são os açúcares, sendo a frutose e a glicose responsáveis por 80% do total (WHITE, 1975 apud CAMARGO et al., 2006).

Tabela 3 - Caracterização físico-química do mosto utilizado na elaboração dos hidromeis.

Parâmetros	EUCALIPTO 30 °Brix
pH	3,75±0,02
Acidez Total (mEq.L ⁻¹)	13,34±0,29
Acidez Volátil (mEq. L ⁻¹)	3,38±0,46
Acidez Fixa (mEq.L ⁻¹)	10,25±0,13
Açúcares Redutores Totais (% m/v)	29,57±0,78
Sólidos solúveis (°Brix)	30,00±0,02
Turbidez (NTU)	31,02±0,57

Dados expressos com média de 3 replicatas ± desvio padrão.

A Tabela 4 mostra a caracterização físico-química de hidromeis produzidos a partir de cinco cepas de levedura

alcoólica da espécie *Saccharomyces cerevisiae* (panificação, vinho branco, vinho tinto, hidromel e cerveja) a partir de mosto com teor de sólidos solúveis de 30 °Brix.

Os hidromeis produzidos com levedura de vinho (branco e tinto) apresentaram as maiores concentrações de acidez total e fixa (Tabela 4). Esse comportamento pode estar associado ao metabolismo das leveduras, as quais liberam ácidos orgânicos durante o processo fermentativo (JONES et al., 1981). Os teores de acidez fixa, total e volátil das bebidas encontram-se em conformidade aos limites permitidos pela legislação em vigor para hidromel, sendo mínimo de 30 mEq.L⁻¹, máximo de 130 mEq.L⁻¹ e máximo 20 mEq.L⁻¹

respectivamente (BRASIL, 2012). Os baixos teores de acidez volátil em fermentados indicam que as bebidas não apresentaram alterações microbiológicas (HASHIZUME, 2001).

As bebidas apresentaram valores de pH inferiores a 4,0; caracterizando-as como um alimento ácido, favorecendo sua conservação (EVANGELISTA, 2008). Esperava-se que os hidromeis apresentassem relação inversa entre pH e acidez total; entretanto, o pH do mel não está diretamente relacionado com a sua acidez total, devido à ação de tamponamento de ácidos e sais encontrados no mel (DE RODRÍGUEZ; FERRER; FERRER, 2004).

Tabela 4 - Caracterização físico química dos hidromeis.

Parâmetros	Fermento				
	Panificação	Vinho Branco	Vinho Tinto	Hidromel	Cerveja
pH	3,42±0,05c	3,63±0,04b	3,72±0,03ab	3,77±0,02a	3,81±0,03a
Acidez Total (mEq.L ⁻¹)	78,13±0,21d	92,63±0,32a	87,50±0,21b	80,73±0,32c	79,13±0,58d
Acidez Volátil (mEq.L ⁻¹)	11,78±0,12d	15,12±0,15a	13,43±0,46b	12,65±0,43c	10,82±0,43d
Acidez Fixa (mEq.L ⁻¹)	66,23±0,52d	77,47±0,41a	74,25±0,16b	69,43±0,25c	67,35±0,46d
Açúcares Redutores (% m/v)	5,90±0,16a	4,80±0,11b	6,10±0,08a	4,30±0,14b	4,67±0,15a
Extrato Seco (g.L ⁻¹)	91,07±0,56a	85,17±0,56b	91,63±0,56a	84,32±0,56b	86,27±0,56b
Extrato Seco Reduzido (g.L ⁻¹)	32,17±0,56b	37,26±0,43a	31,54±0,21b	41,34±0,45a	39,68±0,25a
Teor Alcoólico (% v/v)	13,78±0,08b	14,67±0,23a	13,86±0,32b	14,65±0,52a	14,56±0,33a
Turbidez (NTU)	12,98±0,98a	5,14±0,12b	13,75±0,41a	4,8±0,24b	5,26±0,19b
Faixa de Cor (A _{650 nm})	0,364±0,08a	0,332±0,34b	0,367±0,31a	0,342±0,20b	0,346±0,28b
Cor do mel	Âmbar	Âmbar	Âmbar	Âmbar	Âmbar

Dados expressos com média de 9 medidas ± desvio padrão. Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

As leveduras de vinho branco, hidromel e cerveja foram mais eficientes na fermentação do açúcar, pois seus hidromeis apresentam maiores teores de etanol. A maior concentração de álcool nas bebidas fermentadas contribui para sua melhor conservação. Os hidromeis fermentados a partir de mosto com teor de sólidos solúveis de 30 °Brix resultam em bebidas contendo álcool em torno de 14 % v/v. A legislação brasileira estabelece que o hidromel deva apresentar teores alcoólicos de 4 a 14 % v/v (BRASIL, 2012).

As bebidas apresentaram uma fermentação incompleta por exibirem teores de açúcares redutores (AR) superiores a 4,30 g de glicose 100mL⁻¹. Esse fato demonstra que a presença de AR na bebida final indica o efeito inibitório tanto da concentração de etanol produzido na fermentação quanto do açúcar em excesso presente no mosto. Segundo Sroka e Tuszyński (2007), mostos que contêm concentrações mais elevadas de açúcar podem causar a inibição do processo fermentativo, devido às pressões osmóticas excessivas. Segundo a legislação brasileira para hidromel (BRASIL, 2012), hidromel com concentração de açúcar superior a 3 g.L⁻¹, é classificado como bebida suave.

O extrato seco (ES) é constituído por ácidos fixos, sais orgânicos, sais minerais, compostos fenólicos, compostos nitrogenados, açúcares e polissacarídeos (RIZZON; MIELE, 1996). Com isso, esperava-se que os tratamentos com a maior concentração de acidez fixa e açúcares redutores apresentassem os maiores valores de ES. Entretanto, como a determinação do ES é realizada por método gravimétrico, e as bebidas não foram filtradas; é provável que a presença de leveduras remanescentes na bebida tenha interferido nos valores de extrato seco (ES) e consequentemente nos teores de extrato seco reduzido (ESR).

O valor do ESR está diretamente relacionado aos teores de ES (BRASIL, 2005). A legislação brasileira para hidromel impõe que os hidromeis devam apresentar uma concentração de ES no mínimo de 7 g.L⁻¹. Hashizume (2001) afirmou que o teor de extrato seco determina o corpo do vinho e que bebidas com menos de 20 g.L⁻¹ de extrato são consideradas leves e, acima de 25 g.L⁻¹, encorpadas. Dessa forma, os hidromeis poderão ser percebidos sensorialmente como bebidas mais encorpadas.

Os hidromeis elaborados com fermento de vinho branco, hidromel e cerveja apresentaram os menores valores de turbidez; esse comportamento indica que essas leveduras possivelmente apresentaram maior poder floculante em relação aos demais fermentos. Há cepas de leveduras que possuem a habilidade de se agregarem espontaneamente e formarem flocos que sedimentam no fundo dos reatores ao final da fermentação. Esse fenômeno (floculação) ocorre devido a fatores genéticos, isto é, genes que expressam proteínas conhecidas como floculinas as quais permitem que essas leveduras cresçam de forma floculada (STEWART; RUSSEL, 1975). O processo de floculação das leveduras é observado em indústria de bebidas alcoólicas como um fenômeno benéfico, pois facilita a separação do fermento em suspensão do mosto fermentado, favorecendo a clarificação (JIN; SPEERS, 1998).

Os diferentes tipos de fermento influenciaram significativamente a intensidade de cor das bebidas (Tabela 4). Segundo De Clerk (1958), as leveduras influenciam a intensidade de cor em cerveja, pois durante o processo fermentativo há eliminação de material corante na espuma, além da ação redutora das leveduras sobre os taninos oxidados.

3.3 Cinética da fermentação dos cinco tipos de leveduras alcoólicas

A Figura 1 representa a cinética de consumo de substrato de cinco tipos de levedura alcoólica da espécie *Saccharomyces cerevisiae* (panificação, vinho branco, vinho tinto, hidromel e cerveja) durante a fermentação do hidromel. A levedura de hidromel apresentou o melhor desempenho cinético, bem como maior eficiência na conversão de açúcar em etanol. Por outro lado, a levedura de panificação teve comportamento inferior tanto na cinética como na eficiência fermentativa. As demais leveduras apresentaram desempenho intermediário.

Pereira et al. (2014) e Mendes-Ferreira et al. (2010) avaliaram o desempenho fermentativo de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* na elaboração de hidromel. Os resultados não apontaram diferença significativa no desempenho fermentativo das leveduras, recomendando que a seleção de leveduras para a produção de hidromel deve estar associada às características sensoriais do produto.

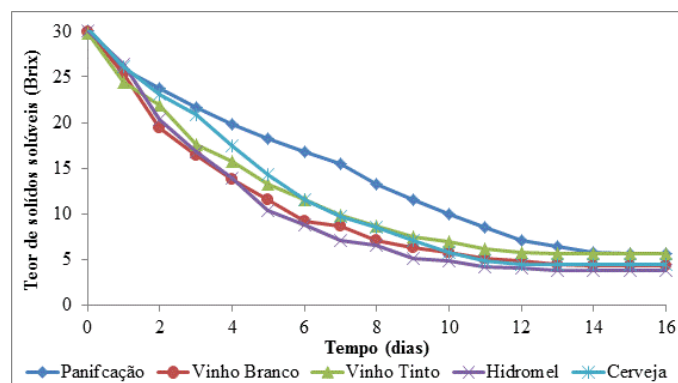


Figura 1 - Atenuação limite dos cinco tipos de fermentos (panificação, vinho branco, vinho tinto, hidromel e cerveja) na produção de hidromel.

3.4 Caracterização energética dos hidromeis

Observou-se que os hidromeis elaborados com fermentos recomendados para a produção vinho branco, hidromel e cerveja apresentaram os maiores valores energéticos (Tabela 5). Esse comportamento está diretamente relacionado com os valores dos teores alcoólicos, pois as demais determinações (umidade, cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos) não apresentaram diferença estatística significativa. Assim, os teores de álcool nas bebidas foram predominantes na determinação dos valores energéticos, sendo possível observar uma relação direta entre esse componente químico e o valor calórico das bebidas.

Tabela 5 - Composição centesimal e calorimétrica de hidromeis produzidos a partir de cinco cepas de levedura alcoólica.

Parâmetros	Fermento				
	Panificação	Vinho Branco	Vinho Tinto	Hidromel	Cerveja
Umidade (% m/m)	88,51±0,03a	88,45±0,05a	88,47±0,04a	88,54±0,03a	88,32±0,04a
Cinzas (% m/m)	4,87±0,04a	4,84±0,03a	4,85±0,01a	5,00±0,07a	4,96±0,03a
Proteínas (% m/m)	0,77±0,04a	0,74±0,03a	0,76±0,04a	0,75±0,01a	0,72±0,07a
Lipídios (% m/m)	0,05±0,03a	0,04±0,04a	0,06±0,02a	0,05±0,06a	0,06±0,03a
Álcool (% v/v)	13,78±0,03b	14,67±0,06a	13,86±0,04b	14,56±0,04a	14,65±0,06a
Carboidratos (% m/m)	17,29±0,08a	17,29±0,70a	17,31±0,65a	17,41±0,76a	17,44±0,96a
Valor Energético (kcal)	68,90±1,04b	69,65±0,09a	68,02±1,00b	69,67±1,23a	69,7±0,98a
Valor Energético (kJ)	288,30±0,90b	291,62±1,03a	288,66±1,02b	289,32±0,79a	291,53±1,87a

Dados expressos com média de 9 medidas ± desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas na coluna indicam diferença significativas entre tratamentos pelo teste de Turkey ($p < 0,05$).

3.5 Caracterização sensorial dos hidromeis

O painel de provadores foi composto por 80 voluntários não selecionados e não treinados, sendo 43 mulheres e 37 homens e a faixa etária de 23 a 42 anos.

As bebidas tiveram boa aceitação por parte do painel de provadores. As médias estiveram entre 5 e 8, indicando que as bebidas foram classificadas como “nem gostei e nem degostei” a “gostei muitíssimo”.

Tabela 6 - Caracterização sensorial dos hidromeis

Tipos de Fermento	Aparência	Aroma	Sabor	Avaliação Geral
Panificação	5,95±0,82c	5,98±0,45c	5,92±0,45c	5,87±0,67c
Cerveja	6,83±1,30b	6,57±0,76b	6,53±0,56b	6,47±1,20b
Hidromel	7,58±0,87a	7,55±1,23a	7,78±0,78a	7,83±0,97a
Vinho Branco	7,48±1,23a	7,30±0,76a	7,58±0,95a	7,55±0,65a
Vinho Tinto	7,12±0,76ab	7,33±0,65a	7,53±1,24a	7,48±0,47a

Dados expressos com média de 80 medidas ± desvio padrão. Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As bebidas elaboradas com os fermentos de vinho branco e hidromel apresentaram maiores notas para o atributo aparência e avaliação geral (Tabela 6). Esse fato pode ser compreendido, pois essas bebidas apresentaram menores valores turbidez (Tabela 4).

Além disso, as bebidas elaboradas com fermentos de vinho (tinto, branco) e hidromel apresentaram maiores notas para os atributos aroma e sabor (Tabela 6). Isso pode estar relacionado com os maiores valores de acidez total apresentado por essas bebidas (Tabela 4). Como as bebidas foram elaboradas com a mesma concentração de mel na formulação (30 °Brix), os compostos aromáticos provenientes do metabolismo das leveduras de vinho (tinto, branco) e hidromel durante o processo de fermentação influenciaram diretamente no aroma e sabor das bebidas. As características organolépticas, principalmente o aroma e o sabor, das bebidas alcoólicas estão diretamente relacionadas com o tipo de levedura utilizada no processo fermentativo. O etanol é o principal produto excretado pelas leveduras durante a fermentação; entretanto, este álcool apresenta baixa influência no sabor da bebida. Os compostos que conferem aroma e sabor à bebida são formados no metabolismo secundário da levedura (GUERRA, 2010).

4 CONCLUSÕES

Dentro das condições em que os testes experimentais foram realizados, podem se tirar as seguintes conclusões:

✓ As leveduras de vinho branco, hidromel e cerveja foram mais eficientes na fermentação do açúcar e produziram bebidas com os menores valores de turbidez.

Os resultados da Tabela 6 mostram que o tipo de levedura utilizada na elaboração dos hidromeis interferiu na aceitação dos provadores para os todos os atributos sensoriais avaliados (aparência, aroma, sabor e avaliação geral) sendo que as bebidas elaboradas com leveduras de vinho (tinto e branco) e hidromel obtiveram a maior aceitação.

✓ Os teores de álcool nas bebidas influenciaram predominantemente os valores energéticos dos hidromeis elaborados com diferentes tipos de leveduras alcoólicas.

✓ Os hidromeis elaborados com leveduras de vinho (tinto e branco) e hidromel apresentaram características sensoriais com maior aceitação pelo painel de provadores.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao projeto.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANKLAM, E. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. **Food Chemistry**, Barking, London, v. 63, n. 4, p. 549-562, 1998.

BEHRENS, J. Análise sensorial de bebidas. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Indústria de bebidas: inovação, gestão e produção**. São Paulo: Edgard Blucher, 2011. cap. 9, p. 183-213.

BLIGH, E. G.; DYER; W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, p. 911-917, 1959.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 julho de 1994.

Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 jun. 2009. Disponível em: <http://gpex.aduaneiras.com.br/gpex/gpex.dll/infobase/at/os/decreto/decreto6871_09/dec%2006871_09_01.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 23 out. 2000. Seção 1, p. 23. Disponível em:

<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>> Acesso em: 01 fev. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade das bebidas fermentadas: fermentado de fruta; fermentado de fruta licoroso; fermentado de fruta composto; sidra; hidromel; fermentado de cana; saquê ou sake. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 nov. 2012. Seção 1, p. 3.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico - químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

BRUNELLI, L. T.; ORSI, R. O.; VENTURINI FILHO, W. G. Hidromel. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2016. cap. 8, p 162-181.

CATALUÑA, E. **As uvas e os vinhos**. 3 ed. São Paulo: Globo, 1991. 215 p.

CASTRO, V. M. F. **Conteúdo informativo das embalagens de alimentos: um estudo exploratório internacional comparado, sob a ótica brasileira e norte-americana dos agentes de produção e consumo**. 2000. 199p. Tese (Doutorado em Saúde Pública)-Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CELESTE, R. K. Análise comparativa da legislação sobre rótulo alimentício do Brasil, Mercosul, Reino Unido e União Européia. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 217-223, 2001.

CAMARGO, R. C. R.; PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. R.; WOLFF, L. F. **Mel: características e propriedades**. Cidade: Embrapa Meio-Norte, 2006. 30 p. (Documentos, 150).

COPERSUCAR. Métodos analíticos. In: COPERSUCAR. **Manual de controle químico da**

fabricação de açúcar. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 2001. cap. 4, p. 1-51.

CRANE, E. **O livro do mel**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1987. 226 p.

DE CLERK, J. Theory of fermentation. In: DE CLERK, J. **A textbook of brewing**. London: Chapman & Hall, 1958. v. 1, cap. 19, p. 366-402.

DE RODRÍGUEZ, G. O.; FERRER, B.S.; FERRER, A. Characterization of honey produced in Venezuela. **Food Chemistry**, Oxford, n. 84, p. 499-502, 2004.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. 652 p.

GUERRA, C. C. Vinho Tinto. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2010. cap. 11, p 209-233.

GUPTA, J. K.; SHARMA, R. Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: A review. **Natural Product Radiance**, New Delhi, v. 8, p. 345-355, 2009.

HASHIZUME, T. Tecnologia do vinho. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. (Coord.). **Biotecnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. cap. 2, p. 21-68.

IURLINA, M. O.; FRITZ, R. Characterization of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, n. 105, p. 297-304, 2005.

JIN, Y. L.; SPEERS, R. A. Flocculation of *Saccharomyces cerevisiae*. **Food Research International**, Ottawa, v. 31, n. 6/7, p. 421-440, 1998.

JONES, R. P.; PAMMENT, N.; GREENFIELD, P. F. Alcohol fermentation by yeasts. The effect of environmental and other variables. **Process Biochemistry**, New York, v. 16, p. 42-49, 1981.

MARINS, B. R.; JACOB, S. C.; PERES, F. Avaliação qualitativa do hábito de leitura e entendimento: recepção das informações de produtos alimentícios. **Ciência e Tecnologia em Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 579-585, 2008.

MENDES-FERREIRA, A.; COSME, F.; BARBOSA, C.; FALCO, V.; INÊS, A.; MENDES-FAIA, A. et al. Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. **International Journal of Food Microbiology**, Oxford, v. 144, p. 193-198, 2010.

MONTENEGRO, S. B.; AVALLONE, C. M.; CRAZOV, A.; AZTARBE, M. Variación del color en miel de abejas (*Apis mellifera*). Corrientes: Universidad

Nacional del Nordeste, 2005. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen: T-070.

MOREIRAS TUNI, O.; CARBAJAL, A.; FORNEIRO, L.C.; VIVES, C.C. **Tablas de composición de alimentos**. Madrid: Pirámide. 2016. 472 p.

PEREIRA, A. P.; MENDES-FERREIRA, A.; OLIVEIRA, J.M.; ESTEVINHO, L.M.; MENDES-FAIA, A. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* cells immobilisation on mead production. **LWT- Food Science and Technology, Amsterdam**, v. 56, p. 21–30, 2014.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Extrato seco total de vinhos brasileiros: comparação de métodos analíticos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 297-300, 1996.

SCHULLER, D.; CASAL, M. The use of genetically modified *Saccharomyces cerevisiae* strains in the wine industry. Mini-review. **Applied Microbiology Biotechnology**, Münster, v. 68, p. 292-304, 2005.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: World Congress on Computers in Agriculture, 7., 2009, Reno. **Proceedings**. St. Joseph: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. Disponível em: <<http://elibrary.asabe.org/azdez.asp?JID=1&AID=29066&CID=wcon2009&T=2>>. Acesso em: 7 nov. 2014.

SROKA, P.; TUSZYŃSKI, T. Changes in organic acid contents during mead wort fermentation. **Food Chemistry**, London, v. 104, p. 1250–1257, 2007.

STEWART, G. G.; RUSSEL, I. Centenary review: one hundred years reseaech and development in the brewing industry. **Jounal Institute of Brewing**, London, v. 81, p. 248-257, 1975.

SOUTHGATE, D. A. T.; DURNIN, J. V. G. A. Caloric conversion factors: an experimental evaluation of the factors used in the calculation of the energy value of human diets. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 24, p. 517-535, 1970.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. Campinas: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – UNICAMP, 2011. 161 p.

VIEIRA, S. **Análise de variância**: (Anova). São Paulo: Atlas, 2006. 204 p.