

Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel

Physicochemical characterization of beer produced with honey

Autores | Authors

✉ **Luciana Trevisan BRUNELLI**

Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA)
Rua José Barbosa de Barros, 1780
CEP: 18610-307
Botucatu/SP - Brasil
e-mail: ltbrunelli@fca.unesp.br

Alexandre Rodrigues MANSANO **Waldemar Gastoni VENTURINI** **FILHO**

Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA)
Botucatu/SP - Brasil
e-mail: armansano@gmail.com
venturini@fca.unesp.br

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 26/02/2013
Aprovado | Approved: 25/03/2014
Publicado | Published: mar./2014

■ Resumo

O objetivo do presente trabalho foi produzir e caracterizar físico-quimicamente cervejas elaboradas com mel. Os ensaios de produção de cerveja foram feitos com nove tratamentos, combinação de três concentrações de extrato original (11, 13 e 15 °Brix) e três porcentagens de mel na formulação do mosto (0%, 20% e 40%). O experimento foi inteiramente casualizado com duas repetições, perfazendo dezoito parcelas experimentais. A mosturação foi realizada pelo processo de infusão, sendo o mel adicionado na etapa de fervura. Depois de clarificado, o mosto teve seu teor de extrato corrigido com água, sendo inoculado com levedura de baixa fermentação. A fermentação ocorreu a 10 °C. A cerveja foi engarrafada manualmente e armazenada em *freezer* à temperatura de 0 °C por 15 dias, para sua maturação. As cervejas foram analisadas quanto ao teor alcoólico, extrato real, extrato aparente, cor, amargor, turbidez, pH, acidez total e gás carbônico, densidade de espuma e total de espuma. Os resultados das análises físico-químicas das cervejas foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Todas as cervejas foram classificadas como claras. A presença de mel na formulação favoreceu a carbonatação, aumentou a densidade de espuma e total de espuma, mas, em contrapartida, as cervejas ficaram menos amargas e com menor acidez.

Palavras-chave: *Bebida alcoólica; Análise físico-química; Fermentação.*

■ Summary

The aim of this study was to produce and physicochemically characterize beer elaborated with honey. Beer production assays were carried out with nine treatments, the combination of three concentrations of the original extract (11, 13 and 15 °Brix) with three percentages of honey in the wort formulation (0, 20 and 40%). The experiment was completely randomized with two replicates, giving a total of eighteen trials. Mashing was carried out by infusion and the honey was added during the boiling step. After clarification, the extract content was corrected with water and the wort then inoculated with bottom-fermenting yeast. Fermentation was at 10 °C. The beer was bottled manually and stored in a freezer at a temperature of 0 °C for 15 days, for maturation. The beers were analyzed for their alcohol content, true extract, apparent extract, colour, bitterness, turbidity, pH, total acidity, carbon dioxide, foam density and total foam. The results of the physicochemical analysis were subjected to an analysis of variance, and the means compared by Tukey's test at 5% probability. All beers were considered to be pale. The presence of honey in the formulation enhanced carbonation, foam density and total foam, but the beers were less bitter and less acid.

Key words: *Alcoholic beverage; Physicochemical analysis; Fermentation.*

Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel

BRUNELLI, L. T. et al.

1 Introdução

Segundo Kunze (2006), o mel possui elevado conteúdo de açúcares fermentescíveis e de substâncias aromáticas. Devido a esses atributos, é ideal como matéria-prima para a fabricação de cerveja. Para esse autor, o mel pode ser adicionado na etapa de fervura, como fornecedor de extrato, favorecendo a esterilização do mel, ou adicionado antes do envase da bebida, para adocicá-la e aromatizá-la. A adição de mel em cerveja proporciona uma bebida menos encorpada e aumenta a quantidade de álcool, além de uma sensação alcoólica suave se comparada à cerveja com açúcar comum (SMITH, 2009).

Cervejas elaboradas com mel devem ser pouco lupadas e mais fortes, com 13% a 15% de extrato primitivo, com a finalidade de aumentar o caráter vinoso da bebida, por meio do maior teor de álcool e ésteres. Os custos mais elevados dessa matéria-prima podem ser compensados pelo fato de a cerveja de mel apresentar maior valor de mercado e atrair consumidores interessados em apreciar uma bebida completamente diferente e nova (KUNZE, 2006).

A legislação brasileira (BRASIL, 2009) define cerveja como sendo “[...] a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo.” Parte do malte de cevada poderá ser substituída por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não poderá ser superior a 45% em relação ao extrato primitivo (extrato do mosto).

As cervejas são classificadas quanto ao extrato primitivo em: a) cerveja leve, cujo extrato primitivo é maior ou igual a 5% em peso e menor do que 10,5% em peso; b) cerveja ou cerveja comum, cujo extrato primitivo é maior ou igual a 10,5% em peso e menor que 12% em peso; c) cerveja extra, cujo extrato primitivo é maior ou igual a 12% em peso e menor ou igual a 14% em peso; d) cerveja forte, cujo extrato primitivo é maior que 14% em peso (BRASIL, 2009).

Alguns países comercializam cervejas com mel, como a Inglaterra, Canadá, Brasil, Estados Unidos e Argentina, o que indica o grande potencial desse ingrediente na elaboração de cerveja. A cervejaria inglesa Fuller's produz a Honey Dew. A microcervejaria argentina Buller produz artesanalmente sete tipos de cerveja, entre elas a Honey Beer. No Canadá, há várias cervejas com mel, entre elas a Boréale Dorée, Granville Island Cypress Honey Lager, Miel Pilsner e Shaftebury Honey Pale Ale. Nos Estados Unidos há a Blue Moon Honey Blonde. A cervejaria brasileira Colorado comercializa uma cerveja feita com trigo e mel (Apia).

Cervejas elaboradas com mel, geralmente são produzidas por pequenas cervejarias ou de forma

artesanal. Estima-se que no Brasil existam cerca de 200 microcervejarias (BARBOZA, 2013). Segundo Pardi (2006), as pequenas cervejarias estão ganhando cada vez mais espaço no mercado. Embora representem apenas 0,15% do mercado nacional, as artesanais têm sustentado um crescimento que dobra a cada ano, e a expectativa do setor é que respondam por 2% do negócio de cerveja no País em até uma década (BARBOZA, 2013).

Ao contrário dos sites comerciais, não existem na literatura científica citações sobre o uso do mel como adjunto cervejeiro. Diante desse contexto, o objetivo do presente trabalho foi produzir e caracterizar, físico-quimicamente, cervejas elaboradas com mel, como matéria-prima cervejeira.

2 Material e métodos

2.1 Planejamento experimental e análise estatística

Os ensaios de produção de cerveja foram feitos com nove tratamentos, combinação de três concentrações de extrato original (11, 13 e 15° Brix) e de três porcentagens de mel na formulação do mosto (0%, 20% e 40%). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado no arranjo fatorial 3 × 3, com nove tratamentos e duas repetições, totalizando 18 unidades experimentais. A análise estatística (ANOVA), para as análises físico-químicas dos mostos e das cervejas elaboradas, foi feita pelo teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade (VIEIRA, 2006) com o auxílio do *software* estatístico ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2009). Os resultados das análises químicas das matérias-primas (mel e malte) foram apresentados como médias seguidas de desvio padrão.

2.2 Processamento da cerveja

Malte, do tipo *Pilsen*, foi triturado, a seco, em moinho de dois rolos (marca Mec Bier). Em seguida, o malte moído (4 kg) foi introduzido na tina de mostura, provida de controlador de temperatura e sistema de agitação, na presença de água (12 kg), sendo a mosturação realizada pelo processo de infusão, conforme Figura 1. Ao final da mosturação, realizou-se o teste de iodo, para confirmação da sacarificação do amido (CURI et al., 2009).

Na tina de mosturação, equipada com fundo falso ranhurado, o mosto (primário) foi separado do bagaço do malte por meio de filtração convencional, sob pressão atmosférica, sendo a própria torta de filtração (bagaço de malte) usada como elemento filtrante. Depois da filtração do mosto primário, a torta foi lavada com 8 kg de água (80 °C), para extração do açúcar residual, obtendo-se o mosto secundário. A mistura de ambos (mosto misto) foi fervida (± 100 °C) à pressão atmosférica durante 60 minutos,

Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel

BRUNELLI, L. T. et al.

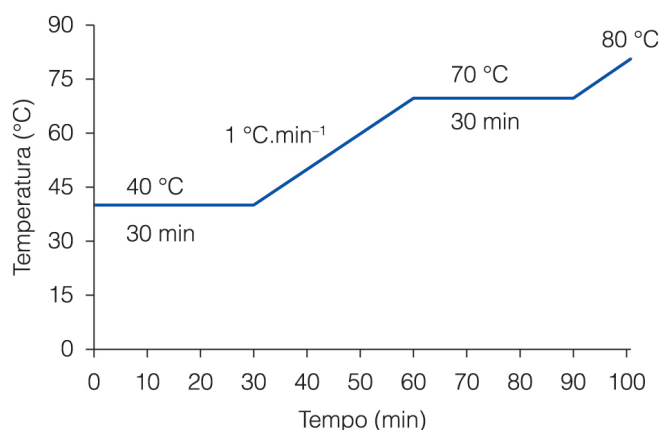


Figura 1. Programação de tempo e temperatura no processo de mosturação por infusão.

sendo que, aos 15 minutos de ebulição, foi adicionado 1 g de lúpulo (tipo amargor) em péletes. A segunda carga (2 g) foi adicionada aos 30 minutos e a última (1 g) foi feita aos 45 minutos (CURI et al., 2009). Logo em seguida, foi adicionado o mel ao mosto na proporção de 0%, 20% e 40% da formulação, com base no extrato, sendo sua quantidade calculada a partir das Equações 1 e 2. Terminada a fervura do mosto, realizou-se a operação do *whirlpool*, durante 5 minutos. Depois desse período, ocorreu o repouso de 60 minutos, visando à separação do *trub*, por decantação.

$$\% \text{ de mel} = \frac{M \text{ extrato mel}}{M \text{ extrato mel} + M \text{ extrato mosto}} \cdot 100 \quad (1)$$

onde: % de mel = percentual de mel na formulação, na base do extrato; M extrato mel = massa de extrato de mel; M extrato mosto = massa de extrato de mosto.

A massa de extrato de mel deve ser convertida em massa de mel pela fórmula matemática que define Brix (Equação 2):

$$\text{TEM} = \frac{M \text{ extrato mel}}{M \text{ mel}} \cdot 100 \quad (2)$$

onde: TEM = teor de extrato do mel (Brix); M extrato mel = massa de extrato de mel; M mel = massa de mel a ser adicionada ao mosto de malte.

O mosto clarificado foi transferido para o fermentador, com controlador de temperatura, e seu teor de extrato foi corrigido para 11, 13 e 15 °Brix, por meio da adição de água, conforme as Equações 3 e 4. O mosto corrigido foi resfriado a 10 °C e inoculado com levedura cervejeira de baixa fermentação da espécie *Saccharomyces cerevisiae* centrifugada (4000 rpm / 5 min) na proporção de 1% m/m (CURI et al., 2009).

$$B_1 \cdot M_1 + B_2 \cdot M_2 = B_3 \cdot M_3 \quad (3)$$

$$M_1 + M_2 = M_3 \quad (4)$$

onde: B_1 = Brix do mosto inicial; M_1 = massa do mosto inicial; B_2 = Brix da água; M_2 = massa de água; B_3 = Brix do mosto final; M_3 = massa do mosto final.

Antes da inoculação, 200 mL de mosto corrigido foram inoculados com aproximadamente 20 g de fermento cervejeiro centrifugado e colocado para fermentar em temperatura ambiente até a estabilização do teor de extrato (atenuação limite). A fermentação do mosto foi acompanhada diariamente, até que este apresentasse o valor de 1 °Brix acima da atenuação limite. Posteriormente, a cerveja foi engarrafada manualmente em garrafas com capacidade de 600 mL, as quais foram armazenadas em *freezer* à temperatura de 0 °C por 15 dias, para que ocorresse a maturação. A carbonatação ocorreu na própria garrafa, através da fermentação do açúcar residual presente na cerveja, por ação de leveduras remanescentes (CURI et al., 2009).

2.3 Análises físico-químicas

O mel foi analisado quanto ao teor de umidade, extrato, sacarose, acidez (livre, lactônica e total), pH (BRASIL, 2005), açúcares redutores (AR) e açúcares redutores totais (ART) (COPERSUCAR, 2001).

No malte, foram analisados o teor de extrato, o odor, a velocidade de sacarificação e a velocidade de filtração (EBC, 2005).

O mosto foi analisado quanto ao teor de extrato, cor, amargor, turbidez acidez total e pH (EBC, 2005).

Nas cervejas, foram analisados o teor alcoólico, extrato real, extrato aparente, cor, amargor, turbidez, pH, acidez total, (EBC, 2005), gás carbônico (ASBC, 1958), densidade de espuma e total de espuma (DE CLERK, 1958).

3 Resultados e discussão

3.1 Análises químicas das matérias-primas

A Instrução Normativa nº 11 (BRASIL, 2000) estabelece a identidade e os requisitos mínimos de qualidade para o mel destinado ao consumo humano. O mel floral deve apresentar teor mínimo de açúcares redutores (AR) de 65%, umidade máxima de 20%, sacarose aparente máxima de 6% e acidez total máxima de 50 mEq kg⁻¹. O mel floral de laranjeira utilizado na elaboração das cervejas (Tabela 1) apresentou teores de umidade, açúcares redutores, sacarose e acidez total dentro dos limites estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2000).

A análise química do malte mostrou teor de extrato (Tabela 2) próximo ao recomendado para malte tipo Pilsen (79% na base seca), conforme Palmer (2006). A

Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel

BRUNELLI, L. T. et al.

Tabela 1. Análise do mel utilizado na fabricação das cervejas.

Umidade (%)	19,90 ± 1,53
Extrato (Brix)	80,10 ± 1,53
AR (% m/v)	74,03 ± 1,65
ART (% m/v)	78,43 ± 2,08
Sacarose (% m/v)	4,17 ± 0,74
pH	3,97 ± 0,17
Acidez livre (mEq kg ⁻¹)	15,05 ± 1,46
Acidez lactônica (mEq kg ⁻¹)	1,30 ± 0,85
Acidez total (mEq kg ⁻¹)	16,36 ± 1,71

Tabela 2. Análise do malte utilizado na fabricação das cervejas.

Teor de extrato (%), base seca	79,4 ± 0,69
Velocidade de sacarificação (min)	10-15 minutos
Velocidade de filtração	Normal
Odor	Normal

velocidade de sacarificação foi de 10-15 minutos e está de acordo com o valor proposto por Briggs et al. (2004b). A velocidade de filtração (normal) se completou em 1 hora (EBC, 2005). O odor (normal) correspondeu ao do malte tipo *Pilsen* (EBC, 2005).

3.2 Análises físico-químicas do mosto e das cervejas

Os resultados das análises físico-químicas dos mostos e as significâncias estatísticas obtidas pelo teste F são apresentados na Tabela 3 e na Tabela 4, respectivamente.

Os valores de concentrações de extrato no mosto (Tabela 3) estão de acordo com os propostos no planejamento experimental. De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2009), as cervejas são classificadas

Tabela 3. Análise físico-química dos mostos.

Concentração de extrato (°Brix)	Porcentagem de Mel (%)			Média
	0%	20%	40%	
pH				
11	5,85 ± 0,12	5,77 ± 0,14	5,69 ± 0,13	5,77 ± 0,15
13	5,78 ± 0,09	5,76 ± 0,05	5,64 ± 0,11	5,73 ± 0,08
15	5,88 ± 0,08	5,74 ± 0,10	5,61 ± 0,17	5,74 ± 0,12
Média	5,83 ± 0,10 ^a	5,77 ± 0,09 ^a	5,65 ± 0,14 ^b	
Acidez Total (% m/v)				
11	0,14 ± 0,03	0,13 ± 0,03	0,10 ± 0,03	0,11 ± 0,03 ^c
13	0,15 ± 0,03	0,13 ± 0,05	0,12 ± 0,01	0,13 ± 0,06 ^b
15	0,17 ± 0,08	0,13 ± 0,10	0,09 ± 0,17	0,15 ± 0,10 ^a
Média	0,15 ± 0,05 ^a	0,13 ± 0,09 ^b	0,11 ± 0,10 ^c	
Extrato (%)				
11	10,90 ± 0,27	10,90 ± 0,12	10,90 ± 0,11	10,90 ± 0,17 ^c
13	13,10 ± 0,23	12,90 ± 0,22	13,00 ± 0,07	12,93 ± 0,18 ^b
15	14,90 ± 0,13	14,90 ± 0,09	15,00 ± 0,11	14,98 ± 0,11 ^a
Média	12,95 ± 0,20	12,86 ± 0,14	12,93 ± 0,09	
Cor (EBC)				
11	19,88 ± 0,52	20,75 ± 0,74	19,06 ± 0,55	19,86 ± 0,60 ^b
13	20,81 ± 0,43	21,31 ± 0,90	21,88 ± 0,32	21,33 ± 0,55 ^a
15	20,56 ± 0,94	22,50 ± 0,98	20,58 ± 0,52	21,21 ± 0,81 ^a
Média	20,41 ± 0,63	21,52 ± 0,87	20,51 ± 0,46	
Amargor (UA)				
11	20,2 ± 0,46	18,4 ± 0,75	17,4 ± 0,85	18,67 ± 0,68
13	21,7 ± 0,83	18,5 ± 0,71	17,3 ± 0,65	19,16 ± 0,73
15	19,7 ± 0,49	18,6 ± 0,25	17,2 ± 0,72	18,17 ± 0,49
Média	20,48 ± 0,59 ^a	18,42 ± 0,57 ^b	17,30 ± 0,74 ^c	
Turbidez (EBC)				
11	24,45 ± 0,82 ^{bA}	21,83 ± 0,81 ^{bB}	21,18 ± 0,67 ^{bB}	22,49 ± 0,76 ^b
13	28,80 ± 0,54 ^{aA}	26,01 ± 0,71 ^{aB}	23,40 ± 0,35 ^{aC}	26,07 ± 0,53 ^a
15	29,65 ± 0,35 ^{aA}	26,65 ± 0,34 ^{aB}	23,26 ± 0,39 ^{aC}	26,52 ± 0,36 ^a
Média	27,63 ± 0,57 ^a	24,83 ± 0,62 ^b	22,61 ± 0,47 ^c	

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e por letras minúsculas na coluna indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel

BRUNELLI, L. T. et al.

pelo extrato primitivo do mosto em comum (10,90c), extra (12,93b) e forte (14,95a).

Os resultados das análises físico-químicas das cervejas são mostrados nas Tabelas 5, 6 e 7 e os resultados das significâncias estatísticas obtidas pelo teste F, na Tabela 8.

A concentração de extrato primitivo interferiu nos valores de acidez total, teor alcoólico, cor, turbidez, amargor, total de espuma e densidade de espuma, enquanto a presença de mel na formulação afetou todos os parâmetros analisados na cerveja (Tabela 8).

O pH das cervejas sofreu interferência do mel, enquanto a sua acidez total foi influenciada pelo mel e pelo extrato primitivo (Tabelas 5 e 8). Observou-se que a formulação com maior proporção de mel (40%) apresentou redução de pH e acidez total, fato observado também para os mostos (Tabela 3). Como os valores de pH devem apresentar uma relação inversa aos de acidez total, esses resultados são aparentemente anômalos. Uma explicação para esse fato pode ser atribuída à possibilidade do mosto de malte, em maior proporção na formulação (60:40), apresentar maior poder tamponante

Tabela 4. Significâncias estatísticas obtidas pelo teste F para as análises físico-químicas realizadas nos mostos.

Parâmetros	Concentração de extrato primitivo (11, 13 e 15°Brix)	Porcentagem de mel (0%, 20% e 40%)	Interação extrato primitivo x porcentagem de mel
pH	ns	**	ns
Acidez total (%)	**	**	ns
Extrato (%)	**	ns	ns
Cor (EBC)	**	ns	ns
Amargor (UA)	ns	**	ns
Turbidez (EBC)	**	**	**

**significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns não significativo ($p > 0,05$).

Tabela 5. Análise físico-química (pH, acidez total, teor alcoólico, extrato aparente, extrato real) das cervejas.

Concentração de extrato (°Brix)	Porcentagem de Mel (%)			Média
	0%	20%	40%	
pH				
11	5,22 ± 0,22	4,80 ± 0,12	4,52 ± 0,27	4,85 ± 0,20
13	5,00 ± 0,29	4,93 ± 0,26	4,43 ± 0,07	4,78 ± 0,21
15	5,09 ± 0,26	4,88 ± 0,42	4,67 ± 0,09	4,88 ± 0,26
Média	5,10 ± 0,26 ^a	4,66 ± 0,27 ^b	4,54 ± 0,14 ^b	
Acidez Total (% m/v)				
11	0,20 ± 0,04	0,17 ± 0,06	0,16 ± 0,03	0,18 ± 0,04 ^b
13	0,34 ± 0,03	0,27 ± 0,02	0,26 ± 0,07	0,29 ± 0,05 ^a
15	0,32 ± 0,03	0,30 ± 0,04	0,26 ± 0,05	0,28 ± 0,04 ^a
Média	0,29 ± 0,03 ^a	0,25 ± 0,04 ^b	0,22 ± 0,05 ^c	
Teor Álcool (% v/v)				
11	4,11 ± 0,25	4,29 ± 0,09	4,91 ± 0,32	4,43 ± 0,22 ^b
13	4,82 ± 0,32	5,75 ± 0,23	5,92 ± 0,21	5,50 ± 0,25 ^a
15	5,54 ± 0,17	5,59 ± 1,03	6,04 ± 0,26	5,62 ± 0,49 ^a
Média	4,82 ± 0,25 ^b	5,21 ± 0,45 ^a	5,62 ± 0,26 ^a	
Extrato Aparente (%)				
11	3,12 ± 0,33	2,64 ± 0,23	1,51 ± 0,08	2,43 ± 0,20
13	3,45 ± 0,41	2,05 ± 0,46	1,37 ± 0,25	2,29 ± 0,37
15	3,75 ± 0,25	2,20 ± 0,70	1,45 ± 0,38	2,47 ± 0,43
Média	3,46 ± 0,23 ^a	2,30 ± 0,39 ^b	1,44 ± 0,21 ^c	
Extrato Real (%)				
11	4,76 ± 0,37	3,94 ± 0,12	3,30 ± 0,23	4,00 ± 0,24
13	4,96 ± 0,14	3,65 ± 0,36	3,44 ± 0,08	4,02 ± 0,19
15	5,14 ± 0,23	4,11 ± 0,40	3,47 ± 0,25	4,24 ± 0,29
Média	4,95 ± 0,25 ^a	3,90 ± 0,29 ^b	3,40 ± 0,19 ^c	

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e por letras minúsculas na coluna indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel

BRUNELLI, L. T. et al.

Tabela 6. Análise físico-química (cor, amargor, turbidez) das cervejas.

Concentração de extrato (°Brix)	Porcentagem de Mel (%)			Média
	0%	20%	40%	
Cor (EBC)				
11	7,63 ± 0,13 ^{cA}	4,75 ± 0,20 ^{bB}	4,63 ± 0,85 ^{bB}	5,67 ± 0,39 ^b
13	10,63 ± 1,02 ^{bA}	9,56 ± 0,88 ^{aA}	9,06 ± 1,08 ^{aA}	9,75 ± 0,99 ^a
15	12,81 ± 0,94 ^{aA}	8,63 ± 0,88 ^{aB}	7,13 ± 1,06 ^{aC}	9,52 ± 0,96 ^a
Média	10,36 ± 0,70 ^a	7,65 ± 0,65 ^b	6,64 ± 1,0 ^b	
Amargor (UA)				
11	12,88 ± 0,75	10,13 ± 0,85	9,63 ± 0,48	10,85 ± 0,69
13	12,50 ± 0,70	11,63 ± 0,48	11,00 ± 0,40	11,71 ± 0,53
15	11,25 ± 0,65	9,38 ± 0,48	8,75 ± 0,65	9,79 ± 0,59
Média	12,21 ± 0,70 ^a	10,38 ± 0,60 ^b	9,76 ± 0,51 ^c	
Turbidez (%)				
11	12,83 ± 0,16 ^{bA}	7,69 ± 0,36 ^{cB}	6,83 ± 0,40 ^{cC}	9,12 ± 0,31 ^c
13	13,28 ± 0,18 ^{bA}	10,10 ± 0,76 ^{bB}	7,83 ± 0,04 ^{bC}	10,40 ± 0,33 ^b
15	14,48 ± 0,49 ^{aA}	12,45 ± 0,53 ^{aB}	10,58 ± 0,32 ^{aC}	12,50 ± 0,45 ^a
Média	13,53 ± 0,28 ^a	10,08 ± 0,55 ^b	8,41 ± 0,25 ^c	

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e por letras minúsculas na coluna indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 7. Análise físico-química (CO₂, densidade de espuma e total de espuma) das cervejas.

Concentração de extrato (°Brix)	Porcentagem de Mel (%)			Média
	0%	20%	40%	
CO₂ (v/v)				
11	1,75 ± 0,20	2,62 ± 0,56	2,97 ± 0,23	2,45 ± 0,33
13	1,78 ± 0,77	2,89 ± 0,09	3,10 ± 0,15	2,59 ± 0,37
15	1,80 ± 0,06	2,94 ± 0,08	3,12 ± 0,10	2,62 ± 0,08
Média	1,78 ± 0,34 ^c	2,82 ± 0,24 ^b	3,06 ± 0,16 ^a	
Densidade de espuma				
11	12,81 ± 0,48 ^{cB}	14,63 ± 0,38 ^{bB}	18,11 ± 0,66 ^{bA}	15,20 ± 0,51 ^c
13	14,23 ± 0,26 ^{bC}	14,98 ± 0,85 ^{abB}	18,79 ± 0,48 ^{abA}	16,10 ± 0,53 ^b
15	15,63 ± 0,61 ^{aB}	15,33 ± 0,78 ^{aB}	20,25 ± 0,17 ^{aA}	17,05 ± 0,59 ^a
Média	14,20 ± 0,45 ^b	14,98 ± 0,67 ^b	19,05 ± 0,44 ^a	
Total de espuma (%)				
11	29,36 ± 0,74 ^{aB}	32,39 ± 1,20 ^{bB}	41,92 ± 0,80 ^{bA}	34,56 ± 0,91 ^b
13	31,96 ± 0,96 ^{bC}	33,21 ± 0,22 ^{bB}	42,39 ± 0,98 ^{abA}	35,85 ± 0,72 ^b
15	32,68 ± 0,97 ^{aC}	39,65 ± 0,75 ^{aB}	43,96 ± 1,08 ^{aA}	38,75 ± 0,95 ^a
Média	31,26 ± 0,89 ^c	35,08 ± 0,73 ^b	42,76 ± 0,95 ^a	

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e por letras minúsculas na coluna indicam diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

em relação ao de mel. A Tabela 5 mostra ainda que a acidez total das cervejas aumenta com o teor de extrato primitivo, indicando que o mosto de malte deve ser o principal fornecedor de ácidos orgânicos à cerveja ou que a metabolização de seu extrato pela levedura resulta em maior quantidade de ácidos excretados pelas células. Os valores de pH das cervejas estão próximos

aos publicados por Kunze (2006) e Buiatti (2009), 4,3-4,7 e 4-5, respectivamente. Já, os valores de acidez total estão em conformidade com os observados por Sleiman e Venturini Filho (2004).

O teor alcoólico das cervejas foi influenciado pelo mel e pela concentração de extrato do mosto (Tabela 8), enquanto que os teores de extrato aparente e extrato

Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel

BRUNELLI, L. T. et al.

Tabela 8. Significâncias estatísticas obtidas pelo teste F para as análises químicas realizadas nas cervejas.

Parâmetros	Concentração de extrato primitivo (11, 13 e 15°Brix)	Porcentagem de mel (0%, 20% e 40%)	Interação extrato primitivo x porcentagem de mel
pH	ns	**	ns
Acidez Total (%)	**	**	ns
Teor Álcool (% v/v)	**	**	ns
Extrato Aparente (%)	ns	**	ns
Extrato Real (%)	ns	**	ns
Cor (EBC)	**	**	**
Amargor (UA)	ns	**	ns
Turbidez (%)	**	**	**
CO ₂ (v/v)	ns	**	ns
Total de espuma (%)	**	**	**
Densidade de espuma	**	**	**

**significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns não significativo ($p \geq 0,05$).

real sofreram influência apenas do mel. Em função da maior fermentabilidade do mel em relação ao malte, as cervejas fabricadas com mel apresentaram maiores teores alcoólicos e menores valores para o extrato aparente e extrato real (Tabela 5). O mel é constituído basicamente por açúcares fermentescíveis (41% de frutose, 34% de glicose, 1,31% de sacarose) e 1,5% de carboidratos infermentescíveis, na forma de dextrinas (PEREIRA et al., 2003; ANKLAM, 1998), enquanto que o mosto de malte apresenta açúcares fermentescíveis (47% de maltose, 14% de maltotriose, 8% de glicose, 3% de sacarose e 1% de frutose) e 26,5% de dextrina (BRIGGS et al., 2004a). O teor alcoólico foi maior para as cervejas com teor de extrato primitivo mais elevado, conforme previsto, já que o etanol é o principal produto da fermentação dos açúcares do mosto cervejeiro. Segundo Buiatti (2009) e Papazian (2006), o teor alcoólico das cervejas tipo *American Lager* variam entre 3%-5% v/v.

Os valores de intensidade de cor das cervejas (Tabela 6) apresentaram um decréscimo em relação aos valores de cor dos respectivos mostos (Tabela 3). Isso se dá devido à eliminação da matéria corante na espuma durante o processo de fermentação e pela ação redutora das leveduras sobre os taninos oxidados (DE CLERK, 1958). A intensidade de cor das cervejas foi influenciada pelo extrato primitivo, pelo mel e pela interação (Tabela 8).

A adição de mel promoveu a queda nos valores de pH das cervejas e nos mostos. Segundo Kunze (2006), a diminuição do pH promove a perda de algumas substâncias corantes. Além disso, o pH interfere na coloração de diversos pigmentos polifenóis. De acordo com Briggs et al. (2004a), a cor da cerveja, em grande parte, está relacionada à melanina e caramelo presentes no malte. Portanto, as cervejas fabricadas com mel (menos malte na formulação) apresentaram menor concentração desses pigmentos (Tabela 6). O aumento nos teores de extrato primitivo eleva a

intensidade de cor nas cervejas (Tabela 6), reflexo do ocorrido nos respectivos mostos (Tabela 3) em função do seu enriquecimento em compostos fenólicos e outras matérias corantes, provenientes da casca do malte. Os compostos responsáveis pela coloração do mosto e consequentemente da cerveja fazem parte do extrato, sendo que os compostos fenólicos estão entre os mais importantes (BRIGGS et al., 2004a). Pela legislação brasileira, todas as cervejas foram consideradas claras, pois sua intensidade de cor está abaixo de 20 EBC (BRASIL, 2009).

Os valores de amargor nas cervejas (Tabela 6) foram mais baixos em relação aos encontrados em seus respectivos mostos (Tabela 3), indicando que uma parte das substâncias amargas é eliminada pela camada superior da espuma formada durante a fermentação (REINOLD, 1997).

A adição de mel influenciou a intensidade de amargor dos mostos e cervejas (Tabelas 4 e 8). Mostos e cervejas elaborados com mel apresentaram valores inferiores de amargor (Tabelas 3 e 6). Esse decréscimo não era esperado, pois a quantidade de lúpulo foi a mesma em todos os tratamentos. É possível que componentes do mel tenham interagido com as resinas amargas do lúpulo, durante a fervura do mosto. Os valores de amargor ficaram dentro do intervalo de 5-14 UA, sugerido por Papazian (2006) para cervejas tipo *American Lager*.

As cervejas (Tabela 6) apresentaram menores valores de turbidez em relação aos mostos (Tabela 3), demonstrando que o processo de maturação da cerveja, realizado em baixa temperatura (0 °C), favoreceu a remoção de substâncias coloidais que causam turvação à bebida, conforme previsto por Venturini Filho (2000). No tratamento a frio, a cerveja deve ser refrigerada (-1 a 0 °C), sem congelamento, para garantir a precipitação de partículas (LEIPER e MIEDL, 2009). O trabalho

Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel

BRUNELLI, L. T. et al.

realizado por Miedl e Bamforth (2004) indicou que um curto período de temperatura muito baixa (-2,5 °C) de armazenamento antes da filtração pode ser tão benéfico para a estabilidade coloidal como períodos mais longos em temperaturas menos frias.

Observou-se que o mel, o extrato primitivo e a interação entre esses fatores (Tabelas 4 e 8) interferiram nos valores de turbidez dos mostos e cervejas. A presença de mel na formulação promoveu a queda nos valores de turbidez dos mostos e cerveja (Tabela 3 e 6). Há duas hipóteses para explicar essa observação: os componentes coloidais do mel (proteínas) reagiram com os do mosto de malte (proteínas, polifenóis), favorecendo a formação de flocos sedimentáveis (*trub*) (KUNZE, 2006); ou o mel apresenta menor concentração de substâncias coloidais, que conferem turbidez em relação ao mosto de malte. Segundo Pereira et al. (2003), o mel apresenta em média 0,041% de nitrogênio (0,26% de proteína bruta), enquanto que o malte tipo Pilsen apresenta em média 10% de proteína (base seca) (KUNZE, 2006). As cervejas elaboradas com mel apresentaram menor turbidez, indicando ser o malte a principal fonte de substâncias coloidais (proteínas, polissacarídeos e polifenóis) dessa bebida (VENTURINI FILHO e CEREDA, 2001). Observa-se também que os mostos e as cervejas com menor concentração de extrato (11°Brix) apresentaram os menores valores de turbidez (Tabelas 3 e 6). Nessa concentração de extrato, todas as substâncias solúveis e no estado coloidal (responsáveis pela turbidez) encontram-se em menor concentração em função da maior proporção de água.

As diferentes porcentagens de mel interferiram significativamente na carbonatação da bebida (Tabela 8). As cervejas com mel apresentaram os maiores níveis de carbonatação (Tabela 7). Esse comportamento está relacionado à maior fermentabilidade do extrato do mosto dessas cervejas em que houve maior produção de álcool (Tabela 5) e gás carbônico durante a fermentação. Os teores de gás carbônico das cervejas com mel apresentaram-se próximos do intervalo 2,5 a 2,8 v/v, conforme sugerido por Carvalho et al. (2007).

A densidade de espuma e o total de espuma foram influenciados pelas diferentes concentrações de extrato primitivo, pela presença de mel na formulação e pela interação (Tabela 8). As cervejas fortes apresentaram os maiores valores da densidade da espuma e total de espuma (Tabela 7). Esse fato pode ser devido à maior riqueza dessas bebidas em macromoléculas, principalmente proteínas, que atuam na formação e estabilização de espumas (KUNZE, 2006). As cervejas elaboradas com 40% de mel (Tabela 7) apresentaram os maiores valores de densidade de espuma e total de espuma, fato este relacionado à maior carbonatação dessas bebidas. Segundo Morado (2009), a espuma

se forma devido à dispersão do dióxido de carbono na cerveja e sua característica é influenciada pelo teor de proteínas, viscosidade da cerveja, temperatura e pressão durante o processo de fermentação, acondicionamento e até pela característica do copo no qual a bebida é servida.

4 Conclusões

O uso de mel na formulação das cervejas promove o aumento da carbonatação e da densidade de espuma, bem como a diminuição da turbidez, cor, acidez e amargor. Por outro lado, o aumento nas concentrações de extrato primitivo no mosto acarreta a elevação nos teores de acidez total, cor e turbidez nas cervejas.

Agradecimentos

À FAPESP - Processo 2009/11632-2.

Referências

- ASBC - AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. **Methods of Analysis of the American Society of Brewing Chemists**. Madison: ASBC, 1958. 209 p.
- ANKLAM, E. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. **Food Chemistry**, London, v. 4, n. 63, p. 549-562, 1998. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00057-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00057-0)
- BARBOZA, M. Q. O negócio milionário das cervejas artesanais. **Istoé**, São Paulo, n. 2283, 16 ago. 2013. Caderno Istoé Economia e Negócio. Disponível em: <http://www.istoe.com.br/reportagens/paginar/319458_O+NEGOCIO+MILIONARIO+DAS+CERVEJAS+ARTESANAIS/2#.Uh5bPALiDwg.facebook>. Acesso em: 02 set. 2013.
- 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 de julho de 1994, dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 jun. 2009. Seção 1. Disponível em: <http://gpex.aduaneiras.com.br/gpex/gpex.dll/infobase/atos/decreto/decreto6871_09/dec%2006871_09_01.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2013.
- 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 da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 out. 2000. Seção 1, p. 23.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.
- BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R. Chemistry of wort boiling. In: BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.;

Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com melBRUNELLI, L. T. *et al.*

- BROOKES, P. A.; STEVENS, R. **Brewing: Science and Practice**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004a. cap. 9, p. 306-325.
- BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R. Malts, adjuncts and supplementary enzymes. In: BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R. **Brewing: Science and Practice**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004b. cap. 2, p. 11-51.
- BUIATTI, S. Beer composition: an overview. In: PREEDY, V. R. **Beer in Health and Disease Prevention**. London: Academic Press, 2009. cap. 20, p. 213-226.
- CARVALHO, G. B. M.; ROSSI, A. A.; SILVA, J. B. A. Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 3ª parte: a maturação. **Revista Analytica**, São Paulo, v. 27, p. 69-74, 2007. Disponível em: <http://www.revistaanalytica.com.br/ed_antteriores/27/art05.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2014.
- COPERSUCAR S.A. Métodos analíticos. In: COPERSUCAR S.A. **Manual de Controle Químico da Fabricação de Açúcar**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 2001. cap. 4, p. 1-51.
- CURI, R. A.; VENTURINI FILHO, W. G.; NOJIMOTO, T. Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte: análises físico-química e sensorial. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 106-112, 2009. <http://dx.doi.org/10.4260/BJFT2009800900004>
- 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.
- EBC - EUROPEAN BREWERY CONVENTION. **Analytica – EBC**. 5th ed. Zúrique: Brauerei – und Getränke – Rundschau, 2005.
- KUNZE, W. La cerveza terminada. In: KUNZE, W. **Tecnología para Cerveceros y Malteros**. Berlín: VLB Berlin, 2006. cap. 7, p. 826-885.
- LEIPER, K. A., MIEDL, M. Colloidal stability of beer. In: BAMFORTH, C. W. **Beer: a Quality Perspective**. Burlington: Academic Press, 2009. cap. 4, p. 111-161.
- MIEDL, M.; BAMFORTH, C. W. The relative importance of temperature and time in the cold conditioning of beer. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, St. Paul, v. 62, n. 2, p. 75-78, 2004. <http://dx.doi.org/10.1094/ASBCJ-62-0075>
- MORADO, R. **Larousse da Cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009. 357 p. PMCID:PMC2698928.
- PALMER, G. H. Barley and malt. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2nd ed. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. cap. 5, p. 139-160.
- PAPAZIAN, C. Beer styles: their origins and classification. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2nd ed. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. cap. 2, p. 39-75.
- PARDI, G. Crescimento e inovação reagem o ano no mercado de cerveja. **Engarrafador Moderno**, São Caetano do Sul, v. 151, p. 10-18, 2006.
- PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. R.; CAMARGO, R. C. R.; VILELA, S. L. O. **Produção de Mel**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mel/SPMel/mel.htm>>. Acesso em: 19 ago. 2013.
- REINOLD, M. R. **Manual Prático de Cervejaria**. São Paulo: Aden, 1997. 214 p. PMCID:PMC20046.
- 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. 2012.
- SLEIMAN, M.; VENTURINI FILHO, W. G. Utilização de extratos de malte na fabricação de cerveja: avaliação físico-química e sensorial. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 145-143, 2004.
- SMITH, B. **Brewing Beer with Honey**. [s.l.]: Beer Smith Home brewing blog, 2009. Disponível em: <<http://www.beersmith.com/blog/2009/09/05/brewing-beer-with-honey/>>. Acesso em: 8 nov. 2011.
- VENTURINI FILHO, W. G.; CEREDA, M. P. Cerveja. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHIMIDELL, W.; LIMA, U. A. **Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na Produção de Alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. cap. 4, p. 91-144.
- VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de Cerveja**. Jaboticabal: Funep, 2000. 83 p.
- VIEIRA, S. **Análise de Variância: (ANOVA)**. São Paulo: Atlas, 2006. 204 p.