

Avaliação das características físico-químicas e colorimétricas de vinhos finos de duas principais regiões vinícolas do Brasil

Evaluation of physicochemical and colorimetric characteristics of fine wines from two main vineyards regions of Brazil

RIALA6/1358

Luisa Costa DE OLIVEIRA, Sara Oliveira DE SOUZA, Maria Eugênia de Oliveira MAMEDE*

*Endereço para correspondência: Departamento de Análises Bromatológicas, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Jeremoabo s/n, Ondina, Salvador/BA, Brasil. CEP 40170-115. Tel.: 71 3283-6929. E-mail: mmamede@ufba.br.

Recebido: 21.12.2010 – Aceito para publicação: 09.05.2011

RESUMO

Com o objetivo de avaliar as características físico-químicas e colorimétricas de vinhos finos tintos e brancos produzidos no Brasil, foram determinados diversos parâmetros exigidos pela legislação brasileira, além de compostos fenólicos totais, antocianinas, L^* , a^* , b^* , C^* e h . Apesar dos valores relativamente altos de pH e da acidez volátil de algumas amostras, todos os vinhos apresentaram os parâmetros analíticos dentro dos limites fixados pela legislação brasileira para bebidas alcoólicas, exceto o teor de açúcar residual total das amostras de vinho tinto analisadas. Com relação às amostras de vinho branco, a amostra C_b (Vale do São Francisco) foi a única que apresentou alteração na relação álcool em peso/extrato seco reduzido. As amostras de vinhos tintos apresentaram boa saturação da cor (C^*), enquanto as amostras de vinhos brancos alcançaram níveis elevados de luminosidade (L^*). Não foi possível obter uma discriminação das amostras com base apenas na variedade de uva utilizada ou na sua procedência geográfica através da Análise de Componentes Principais.

Palavras-chave. vinho branco, vinho tinto, qualidade, físico-química, colorimetria, Brasil.

ABSTRACT

In order to evaluate the physicochemical and colorimetric characteristics of fine red and white wines produced in Brazil, were determined various parameters required by Brazilian legislation, besides total phenols compounds, anthocyanins, L^* , a^* , b^* , C^* and h . Despite the relatively high values of pH and volatile acidity of some samples, all wines present the analytical parameters within the limits set by Brazilian legislation for alcoholic beverages, except the residual total sugar content of wine samples analyzed. In the samples of white wine, sample C_b (São Francisco Valley) was the only one that showed a change in alcohol in weight / reduced dry extract. The red wine samples showed good color saturation (C^*), while samples of white wines have achieved high levels of brightness (L^*). Unable to get a breakdown of the samples based only on the grape variety used or their geographic origin by Principal Components Analysis.

Keywords. white wine, red wine, quality, physicochemical, colorimetry, Brazil.

INTRODUÇÃO

A qualidade final do sabor, do aroma, da consistência e da aparência do vinho também é dependente dos constituintes químicos existentes, da interação entre eles e de suas quantidades. Em geral, os trabalhos que buscam avaliar a composição físico-química de vinhos nacionais são baseados nas análises exigidas pela legislação brasileira e relacionados ao Padrão de Identidade e Qualidade da bebida. Segundo a Portaria nº 229/88 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento¹, os vinhos de mesa finos são aqueles elaborados exclusivamente a partir de uvas viníferas (*Vitis vinifera*) frescas, sãs e maduras e devem obedecer a certos limites fixados quanto à sua composição para serem classificados como tal. As análises físico-químicas compreendem, portanto, a determinação de importantes parâmetros de qualidade do vinho, pois podem avaliar o controle a que foram submetidos durante a sua elaboração e ser relacionadas aos principais fatores tecnológicos empregados².

Embora não seja exigido pela legislação brasileira, a cor é um dos atributos mais importantes em vinhos, já que está diretamente relacionada à aparência do produto. Através da cor é possível especular sobre sua idade ou observar possíveis defeitos existentes na bebida, além de ser a primeira avaliação que um consumidor de vinho faz. Meléndez et al.³ evidenciaram a relevância da cor em vinhos ao afirmarem que esse atributo é um fator fundamental para a tipificação dessas bebidas. Morrot et al.⁴ e o estudo de revisão de Duran e Costell⁵ também destacaram a forte influência que a cor exerce sobre a percepção de outros atributos sensoriais, como o aroma e o gosto doce.

Os vinhos tintos exibem tonalidades que variam do púrpura ao alaranjado, passando por fases rubi, bordô e terracota ao longo do tempo. A coloração púrpura está relacionada comumente aos vinhos jovens, enquanto cores rubis e bordôs aos vinhos maduros. Os tons de vermelho terracota ou alaranjado são frequentemente associados aos vinhos envelhecidos⁶. Já a aparência de vinhos brancos deve ser clara, límpida e não apresentar indícios de oxidação precoce⁷. Sua cor varia do amarelo-esverdeado ao amarelo-palha, dourado, amarelo-âmbar ou alaranjado e, quando muito jovens, apresentam tonalidades verdes⁶.

A região do “Vale do São Francisco”, situada no planalto nordestino entre os estados da Bahia e de Pernambuco, tem mostrado nos últimos anos grande

potencial vinícola, quebrando um grande paradigma da enologia mundial. Embora seja detentora de condições edafoclimáticas incomuns ao processo de vinificação quando comparadas às regiões tradicionais, possui condições adequadas para a aclimação de diversas castas europeias, como Moscatéis, Cabernet Sauvignon e Shiraz⁷. Essa região é citada por Santos² como a segunda maior produtora de uvas finas do país. Em 2006, sua produção anual respondeu por mais de 7 milhões de litros de vinhos finos e espumantes, ou seja, cerca de 15% da produção nacional⁷. Apesar disso, a região da “Serra Gaúcha”, localizada no Sul do Brasil, ainda é responsável pela maior produção de vinhos finos do país e se constitui em uma das mais tradicionais regiões vitivinícolas brasileiras.

Segundo Miele et al.⁸, através da tipicidade e de melhorias na qualidade é possível alcançar uma maior competitividade dos vinhos nacionais e evitar a desvalorização da indústria vinícola brasileira. Entretanto, há poucos estudos científicos relacionados às características físico-químicas e colorimétricas dos vinhos brasileiros. Assim, este trabalho teve por objetivo caracterizar vinhos finos produzidos em duas regiões brasileiras, principalmente no “Vale do São Francisco”, contribuindo para o fortalecimento da tipificação do produto nacional e sendo útil nos processos de busca de identidade geográfica ou denominação de origem.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de vinho

Foram analisadas em triplicata dez marcas comerciais de vinhos de mesa finos (*Vitis vinifera* L.) tintos e brancos (safra 2006). Um total de 20 garrafas de vinho foi analisado. As amostras foram provenientes das regiões do “Vale do São Francisco” (Juazeiro, BA e Petrolina, PE) e da “Serra Gaúcha” (Bento Gonçalves, RS). Para sua codificação, adotou-se a letra “t” para identificar os vinhos tintos, enquanto os vinhos brancos receberam a letra “b”. Desta forma, as amostras provenientes do “Vale do São Francisco” foram as seguintes: A_t (Cabernet Sauvignon/Shiraz), B_t (Cabernet Sauvignon), C_t (Cabernet Sauvignon), D_t (Cabernet Sauvignon/Shiraz), A_b (Moscatel), B_b (Moscatel), C_b (Moscatel) e D_b (Moscatel/Canelli/Chenin Blanc). As amostras oriundas da “Serra Gaúcha” foram: E_t (Cabernet Sauvignon) e F_t (Merlot). O número do lote em todas as garrafas pertencentes à mesma marca foi idêntico.

Determinações físico-químicas e análise instrumental de cor

Todas as determinações físico-químicas e colorimétricas foram realizadas em triplicata. As amostras foram analisadas imediatamente após a abertura das garrafas a fim de se determinar, de acordo com as metodologias oficiais propostas pela Instrução Normativa nº 24/05 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento⁹, os seguintes parâmetros: densidade relativa a 20°C; grau alcoólico; pH (a 25°C em potenciômetro Quimis Q400AS, calibrado com soluções-padrão de pH 4,01 e 6,86); acidez total titulável; acidez volátil corrigida; acidez fixa; extrato seco total; extrato seco reduzido; relação álcool em peso/extrato seco reduzido; anidrido sulfuroso total e teor de açúcares residuais totais.

A extração dos compostos fenólicos totais ocorreu a partir da adaptação da metodologia desenvolvida por Maraschin¹⁰ a fim de isolar os analitos de interesse e excluir possíveis interferentes na determinação, como açúcares redutores. Aos 20 mL de amostra foi adicionado igual volume de acetato de etila. Esta mistura foi incubada no escuro por 24h e a fase orgânica coletada em funil de separação. O solvente foi então removido por evaporação e o resíduo foi dissolvido em metanol/clorofórmio 1:1 (extrato). A exatidão dessa extração foi avaliada em termos de porcentagem de recuperação a partir da adição de ácido gálico (Sigma Aldrich, St. Louis, USA) como padrão analítico, variando de 82,94 a 100,85%.

Após a extração, a quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada através do método clássico descrito por Singleton e Rossi¹¹ utilizando Espectrofotômetro UV-Visível Femto 800XI (Tecnal, Brasil). A curva-padrão analítica ($R^2 = 0,9996$) foi obtida a partir de 5 concentrações (0 a 1000 mg.L⁻¹) de uma solução de ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes em ácido gálico (GAE) por litro de vinho. O teor de antocianinas monoméricas totais foi determinado segundo as recomendações de Lee et al.¹², onde também foi usado Espectrofotômetro UV-Visível Femto 800XI (Tecnal, Brasil). Os resultados foram expressos como mg de antocianinas totais em equivalentes de cianidina-3-glucosídeo por litro de vinho.

As medidas dos parâmetros colorimétricos foram feitas em colorímetro portátil Konica Minolta® CR400 (Osaka, Japão) após calibração com placa de porcelana branca (CR-A43). O equipamento é programado para executar leituras considerando o observador-padrão 2° e o iluminante D₆₅ (correspondente à luz do dia) padronizados

pela Commission Internationale de L'Éclairage em 1931. Os valores de L*, a*, b*, C* e h dados pelo equipamento foram mensurados e o espaço de cor adotado para a interpretação dos resultados foi o CIELAB.

No sistema de cor CIELAB, L* representa a luminosidade, onde os valores variam do 0 (preto) ao 100 (branco). Além disso, -a* (verde), a* (vermelho), -b* (azul) e b* (amarelo) são as coordenadas de cor. Os parâmetros C* e h são derivados das coordenadas colorimétricas anteriormente citadas, onde C* é a cromaticidade ou saturação da cor ("vivacidade") e h indica a tonalidade da cor, cuja medida é dada em graus. O centro do espaço de cor CIELAB é acromático e a saturação da cor vai aumentando à medida que os valores se afastam da origem.

Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas e colorimétricas foram submetidos ao Teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com comparações múltiplas de grupos pelo Teste de Dunn ao nível de 5% de significância. O programa utilizado para o tratamento estatístico foi o GraphPad InStat®, v.3.10. Apenas para a Análise de Componentes Principais (ACP) foi utilizado o *software* Minitab¹⁵ para Windows versão 2006.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados analíticos obtidos para as amostras de vinhos tintos estão apresentados na Tabela 1 e os obtidos para as amostras de vinhos brancos, na Tabela 2. A densidade do vinho está relacionada principalmente ao seu teor alcoólico e de açúcares residuais. Assim, os valores médios de densidade das amostras de vinhos tintos se mantiveram entre 0,9961 (amostra F₁) e 0,9981 (amostra D₁). As amostras de vinho branco Ab e Bb apresentaram as maiores médias (1,0042 e 1,0080, respectivamente) para esse parâmetro.

Com relação ao grau alcoólico, todas as amostras apresentaram valores dentro dos intervalos de referência descritos pela Lei nº 10970/04¹³, onde a amostra B₆ obteve menor média (8,63%vol.) para esse parâmetro e a amostra A₇ a maior média (13,17%vol) (Tabelas 1 e 2). O etanol, principal álcool encontrado em vinhos, é fundamental para as propriedades sensoriais, envelhecimento e estabilidade dos vinhos, uma vez que limita o crescimento microbiano e suprime o desenvolvimento de micro-organismos responsáveis por odores indesejáveis¹⁴. Além disso, o grau alcoólico e o teor de açúcares residuais evidenciam

Tabela 1. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e colorimétricos das amostras de vinhos tintos

	Amostras (<i>n experimental = 3</i>)					
	A _t	B _t	C _t	D _t	E _t	F _t
Densidade relativa a 20°C	0,9963 ^b	0,9977 ^{ab}	0,9967 ^{ab}	0,9981 ^a	0,9968 ^{ab}	0,9961 ^b
Grau alcoólico (%vol.)	13,17 ^a	11,77 ^b	12,23 ^{ab}	12,80 ^{ab}	12,93 ^{ab}	12,93 ^{ab}
pH	3,78 ^{ab}	3,93 ^a	3,85 ^{ab}	3,83 ^{ab}	3,89 ^{ab}	3,71 ^b
Acidez total (meq.L ⁻¹)	73,10 ^b	85,80 ^{ab}	87,40 ^a	84,50 ^{ab}	78,17 ^{ab}	75,90 ^{ab}
Acidez volátil (meq.L ⁻¹)	9,72 ^{ab}	12,11 ^{ab}	12,45 ^{ab}	12,69 ^a	9,26 ^{ab}	7,93 ^b
Acidez fixa (meq.L ⁻¹)	63,38 ^b	73,69 ^{ab}	74,95 ^a	71,81 ^{ab}	68,91 ^{ab}	67,97 ^{ab}
Extrato seco total (g.L ⁻¹)	34,67 ^{ab}	33,97 ^{ab}	32,90 ^b	38,37 ^a	35,17 ^{ab}	33,60 ^{ab}
Extrato seco reduzido (g.L ⁻¹)	30,07 ^a	28,83 ^a	28,33 ^a	29,05 ^a	28,83 ^a	27,75 ^a
Relação A/ESR	3,51 ^{ab}	3,26 ^b	3,45 ^{ab}	3,52 ^{ab}	3,59 ^{ab}	3,73 ^a
SO ₂ total (g.L ⁻¹)	0,03 ^a	0,03 ^a	0,10 ^a	0,04 ^a	0,04 ^a	0,07 ^a
Açúcares totais (g.L ⁻¹)	5,60 ^b	6,13 ^{ab}	5,57 ^b	10,31 ^a	7,33 ^{ab}	6,85 ^{ab}
Fenólicos totais (MG.L ⁻¹)	1410,83 ^b	3718,70 ^a	2252,07 ^{ab}	1798,70 ^{ab}	1763,57 ^{ab}	1542,93 ^{ab}
Antocianinas monoméricas totais (mg.L ⁻¹)	156,48 ^a	16,73 ^{ab}	14,09 ^b	22,02 ^{ab}	82,50 ^{ab}	62,53 ^{ab}
L*	26,29 ^{ab}	24,10 ^b	37,30 ^a	32,03 ^{ab}	32,73 ^{ab}	35,63 ^{ab}
a*	35,00 ^{ab}	23,30 ^b	32,56 ^{ab}	33,62 ^{ab}	36,13 ^a	35,50 ^{ab}
b*	13,33 ^{ab}	11,05 ^b	25,75 ^a	20,89 ^{ab}	19,77 ^{ab}	22,03 ^{ab}
C*	37,46 ^{ab}	25,79 ^b	42,13 ^a	39,59 ^{ab}	41,17 ^{ab}	41,80 ^{ab}
h	20,84 ^b	25,37 ^{ab}	39,40 ^a	31,86 ^{ab}	28,63 ^{ab}	31,83 ^{ab}

Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunn; A/ESR = relação álcool em peso/extrato seco reduzido; L* = luminosidade; a* = componente verde-vermelho; b* = componente azul-amarelo; C* = cromaticidade da cor; h = ângulo da tonalidade da cor; Amostras: A_t = Cabernet Sauvignon (50%) + Shiraz (50%) (“Vale do São Francisco”); B_t = Cabernet Sauvignon (“Vale do São Francisco”); C_t = Cabernet Sauvignon (“Vale do São Francisco”); D_t = Cabernet Sauvignon (50%) + Shiraz (50%) (“Vale do São Francisco”); E_t = Cabernet Sauvignon (“Serra Gaúcha”); F_t = Merlot (“Serra Gaúcha”)

o controle do estágio de maturação da uva e do processo fermentativo empregado².

Quanto ao pH, todas as amostras de vinhos tintos apresentaram médias relativamente altas (Tabela 1), considerando a faixa ideal de pH para vinhos tintos (3,1-3,6) reportada por Mota et al.¹⁵. Os valores médios de pH variaram de 3,71 (amostra F_t, Merlot) a 3,93 (amostra B_t, Cabernet Sauvignon). Níveis muito elevados de pH podem desestabilizar o vinho tanto biologicamente como do ponto de vista físico-químico, uma vez que o torna mais propenso à oxidação e à proliferação microbiana¹⁶ e compromete, portanto, a sua vida útil.

Também foi observado que as amostras elaboradas exclusivamente com uvas Cabernet Sauvignon apresentaram as maiores médias de pH (B_t, C_t e E_t), independentemente da região geográfica de produção (Tabela 1). Essa é uma característica comumente encontrada em vinhos dessa variedade devido à acentuada extração de potássio da película da uva para o mosto durante a maceração¹⁷. O valor médio de pH encontrado em vinhos tintos secos Cabernet Sauvignon produzidos e comercializados no nordeste do Brasil foi

de 3,98¹⁸. No entanto, as condições edafoclimáticas da região do “Vale do São Francisco” prevalecem sobre a extração do potássio, favorecendo pH elevado em vinhos elaborados também com outras variedades de uva nessa região. De modo geral, têm sido observados valores de pH entre 3,6 a 4,5, o que pode ser atribuído às adubações massivas do solo com fertilizantes à base de potássio ou mesmo à alta concentração natural desse elemento nos solos da região⁷.

Os valores de pH das amostras de vinho branco variaram de 3,25 (amostra B_b, Moscatel) a 3,63 (amostra A_b, Moscatel), onde as amostras A_b e C_b apresentaram médias relativamente altas (Tabela 2), visto que Jackson¹⁴ refere valores de pH entre 3,1 e 3,4 como adequados para a maioria dos vinhos brancos.

Dentre as amostras de vinhos tintos, a acidez total foi maior nas amostras do “Vale do São Francisco”, exceto a amostra A_t (Cabernet Sauvignon/Shiraz), que apresentou a menor média desse parâmetro (73,10meq.L⁻¹) quando comparada às demais e diferiu significativamente (p<0,05) apenas da amostra C_t (Cabernet Sauvignon) (Tabela 1). Mesmo assim, todas as amostras de vinhos

Tabela 2. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e colorimétricos das amostras de vinhos brancos

	Amostras (<i>n</i> experimental = 3)			
	A _b	B _b	C _b	D _b
Densidade relativa a 20°C	1,0042 ^{ab}	1,0080 ^a	0,9907 ^b	0,9919 ^{ab}
Grau alcoólico (%vol.)	11,03 ^{ab}	8,63 ^b	11,37 ^{ab}	12,27 ^a
pH	3,63 ^a	3,25 ^b	3,52 ^{ab}	3,34 ^{ab}
Acidez total (meq.L ⁻¹)	83,30 ^{ab}	77,67 ^b	87,37 ^{ab}	99,53 ^a
Acidez volátil (meq.L ⁻¹)	6,95 ^{ab}	2,58 ^{ab}	1,66 ^b	9,28 ^a
Acidez fixa (meq.L ⁻¹)	76,07 ^{ab}	74,73 ^b	85,63 ^{ab}	90,25 ^a
Extrato seco total (g.L ⁻¹)	48,73 ^{ab}	51,20 ^a	13,90 ^b	20,93 ^{ab}
Extrato seco reduzido (g.L ⁻¹)	23,73 ^a	19,47 ^{ab}	11,33 ^b	15,20 ^{ab}
Relação A/ESR	3,72 ^{ab}	3,55 ^b	8,03 ^a	6,46 ^{ab}
SO ₂ total (g.L ⁻¹)	0,08 ^b	0,09 ^{ab}	0,13 ^a	0,12 ^{ab}
Açúcares totais (g.L ⁻¹)	26,00 ^{ab}	32,73 ^a	3,57 ^b	6,40 ^{ab}
Fenólicos totais (mg.L ⁻¹)	548,42 ^a	523,58 ^{ab}	369,63 ^{ab}	278,73 ^b
L*	80,23 ^{ab}	79,22 ^b	80,18 ^{ab}	80,76 ^a
a*	-2,70 ^b	-2,01 ^{ab}	-1,48 ^a	-1,90 ^{ab}
b*	11,22 ^{ab}	11,62 ^a	5,16 ^b	7,05 ^{ab}
C*	11,54 ^{ab}	11,81 ^a	5,37 ^b	7,30 ^{ab}
h	103,52 ^{ab}	99,80 ^b	106,02 ^a	105,13 ^{ab}

Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunn; A/ESR = relação álcool em peso/extrato seco reduzido; L* = luminosidade; a* = componente verde-vermelho; b* = componente azul-amarelo; C* = cromaticidade da cor; h = ângulo da tonalidade da cor; Amostras: A_b = Moscatel (“Vale do São Francisco”); B_b = Moscatel (“Vale do São Francisco”); C_b = Moscatel (“Vale do São Francisco”); D_b = Chenin Blanc (60%) + Moscato Canelli (40%) (“Vale do São Francisco”)

tintos se encontraram dentro dos intervalos de referência preconizados pela legislação brasileira, que é de 55 a 130meq.L⁻¹. Os valores de acidez total alcançados nas amostras tintas estão relativamente próximos aos obtidos por outros autores em vinhos tintos brasileiros das mesmas variedades de uva, isto é, em média 72,00meq.L⁻¹ em vinhos Cabernet Sauvignon¹⁷, de 86,70 a 88,00meq.L⁻¹ em vinhos Shiraz (safra 2005)¹⁵ e em média 70,30meq.L⁻¹ em vinhos Merlot¹⁹.

Quanto às amostras de vinho branco, D_b apresentou a maior média de acidez total, diferindo significativamente apenas de B_b (p<0,05). Provavelmente, a sua maior acidez está relacionada à utilização de Chenin Blanc em sua composição, já que esta variedade de uva é considerada como detentora de elevada acidez⁷. Além disso, as demais amostras compostas apenas por uvas Moscatéis apresentaram níveis de acidez total superiores aos encontrados em vinhos Moscato Giallo (76,0meq.L⁻¹) produzidos no Rio Grande do Sul²⁰. Entretanto, todos os

vinhos brancos também obedeceram aos limites fixados pela legislação brasileira¹ para esse parâmetro.

A acidez total do vinho é composta por duas categorias: volátil e fixa. Assim, quanto aos níveis de acidez volátil nas amostras tintas, foi verificado que B_b, C_t e D_t provenientes do “Vale do São Francisco” apresentaram os valores médios mais elevados (12,11meq.L⁻¹, 12,45meq.L⁻¹ e 12,69meq.L⁻¹, respectivamente). A menor média desse parâmetro foi obtida na amostra F_t (Tabela 1), que diferiu significativamente apenas da amostra D_t. Os valores de acidez volátil obtidos nas amostras, produzidas na região da “Serra Gaúcha”, E_t (9,26meq.L⁻¹) e F_t (7,93meq.L⁻¹) estão abaixo da média obtida (10meq.L⁻¹) por outros autores em vinhos tintos *V. vinifera* elaborados nessa mesma região brasileira^{17,21}. Quanto às amostras de vinhos brancos, as médias de acidez volátil foram relativamente baixas, onde a amostra D_b obteve a maior média (Tabela 2).

Altas concentrações de acidez volátil em vinhos não são desejáveis, pois podem denotar uma possível contaminação da bebida já que esse parâmetro está relacionado à presença de ácido acético². Embora algumas amostras tenham apresentado valores de acidez volátil relativamente altos, nenhuma das dez marcas analisadas ultrapassou o limite máximo estabelecido pela legislação brasileira (20meq.L⁻¹)¹.

Com relação à acidez fixa, também foram observadas as maiores médias nas amostras B_b, C_t, D_t e D_b (73,69meq.L⁻¹, 74,95meq.L⁻¹, 71,81meq.L⁻¹, 90,25meq.L⁻¹, respectivamente) (Tabelas 1 e 2), indicando a maior quantidade de ácidos orgânicos não voláteis presentes nessas amostras.

Quanto ao extrato seco total, dentre os vinhos tintos, a amostra D_t apresentou a maior média (38,37g.L⁻¹) em relação às demais (Tabela 1), enquanto, dentre as amostras de vinhos brancos, B_b obteve a maior média (51,20g.L⁻¹) (Tabela 2). A percepção sensorial de “corpo” também está relacionada ao teor de extrato seco total do vinho² e esse parâmetro é aumentado conforme a quantidade de açúcares acrescentados ao mosto durante a fermentação (chaptalização).

Por outro lado, não houve diferença significativa (p<0,05) entre todas as amostras de vinhos tintos analisadas com relação ao extrato seco reduzido (Tabela 1) e, dentre as amostras brancas, A_b diferiu significativamente (p<0,05) apenas de C_b (Tabela 2). Esse parâmetro é determinado principalmente para o cálculo posterior da relação álcool em peso/extrato seco reduzido, exigido pela legislação.

A Portaria nº 229/88¹ preconiza que a relação álcool em peso/extrato seco reduzido não deve ultrapassar 5,2 e 6,7 para vinhos de mesa finos tintos e brancos, respectivamente. Foi observado que todas as amostras se encontram abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação, exceto a amostra de vinho branco C_b. Isso pode indicar uma correção excessiva do grau alcoólico, prejudicando a sua qualidade final.

Da mesma forma, os níveis de SO₂ total das amostras tintas e brancas não ultrapassaram o limite máximo (0,35g.L⁻¹) fixado pela referida Portaria¹, sendo as menores médias apresentadas pelas amostras de vinho tinto At e Bt, ambas com 0,03g.L⁻¹. O anidrido sulfuroso, empregado como agente antimicrobiano e antioxidante na produção de vinhos, tem sido associado com processos alérgicos e, portanto, há uma tendência na redução das quantidades utilizadas desse aditivo no vinho²².

Quanto ao conteúdo de açúcares residuais totais, as quantidades obtidas permitem classificar todos os vinhos tintos analisados como do tipo “meio-seco”, ao contrário do declarado nos seus rótulos (secos), principalmente a amostra D_b, que apresentou a maior média (10,31g.L⁻¹). Já para os vinhos brancos, as amostras A_b e B_b podem ser classificadas como do tipo “doce” ou “suave” e a amostra C_b como do tipo “seco”. No entanto, a amostra D_b também deveria ser classificada como do tipo “meio-seco”, contradizendo o seu rótulo (seco). Para ser considerado um vinho do tipo seco, é necessário que os níveis de açúcares residuais totais presentes estejam iguais ou abaixo de 5 g de glicose por litro de vinho¹.

Para os compostos fenólicos totais, as amostras de vinhos tintos que continham apenas Cabernet Sauvignon eram produzidas no “Vale do São Francisco” (B_t e C_t) alcançaram as médias mais elevadas (Tabela 1). Esse fato poderia indicar um maior potencial antioxidante dessas amostras em relação às demais. Outros autores também encontraram resultados semelhantes quanto à superioridade das concentrações de compostos fenólicos totais de vinhos Cabernet Sauvignon em detrimento de outras variedades, como a Merlot²³. Lucena et al.²⁴ analisaram amostras de vinhos do “Vale do São Francisco”, onde seus teores variaram de 3,2 a 5,9g.L⁻¹ e a amostra composta por uvas Shiraz (safra 2005) alcançou a maior média. Estes autores citam a influência que a forte exposição solar nas uvas típicas dessa região do país exerce sobre o conteúdo fenólico nos vinhos. Uvas expostas à luz solar poderiam conter cerca de 10 vezes mais compostos fenólicos totais que as cultivadas sob a sombra.

As diferenças na quantidade de compostos fenólicos presentes nos vinhos não depende apenas do tipo de uva utilizada e das condições de cultivo, mas também de vários fatores relacionados ao processamento. Presença de sementes e engaços no mosto, tempo e temperatura de maceração, número de trasfegas realizadas e outras etapas tecnológicas interferem diretamente no seu conteúdo fenólico. Talvez por esse motivo, a amostra A_t tenha apresentado a menor média de compostos fenólicos totais (Tabela 1), mesmo sendo elaborada na região do “Vale do São Francisco” com alta exposição solar. Dentre as amostras da “Serra Gaúcha”, a amostra E_t (Cabernet Sauvignon) apresentou maior conteúdo fenólico que a amostra F_t (Merlot). Em virtude dos fatores acima mencionados, a quantidade de compostos fenólicos pode variar consideravelmente nos vinhos tintos, mas em geral valores entre 1000mg.L⁻¹ e 4000mg.L⁻¹ são obtidos (revisado por Mamede e Pastore²⁵). O conteúdo de compostos fenólicos totais de diversos vinhos tintos brasileiros variou de 1041,63mg.L⁻¹ a 1958,78mg.L⁻¹ no estudo de Granato et al.²⁶, enquanto Minussi et al.²⁷ obtiveram em média 1920mg.L⁻¹.

As amostras de vinhos brancos compostas apenas por Moscatéis (A_b, B_b e C_b) alcançaram as maiores médias de compostos fenólicos totais (Tabela 2). Em especial, as amostras A_b e B_b apresentaram médias muito elevadas desses compostos, considerando o valor médio normalmente reportado para vinhos brancos (200-300mg.L⁻¹)²⁵. Estes resultados estão superiores à máxima concentração de fenólicos totais encontrada por Minussi et al.²⁷ (353mg.L⁻¹) em vinhos brancos brasileiros da variedade Riesling e provavelmente ocorreram devido à alta exposição solar da região. Talvez as características genéticas da variedade Chenin Blanc utilizada na amostra D_b não tenha favorecido a produção de altos níveis de compostos fenólicos nessa amostra.

Dentre as amostras produzidas no “Vale do São Francisco”, a amostra A_t produzida com uvas Cabernet Sauvignon/Shiraz apresentou a maior média com relação às concentrações de antocianinas totais, seguida pela amostra D_t composta pelas mesmas variedades de uva. As amostras elaboradas na região da “Serra Gaúcha” também apresentaram médias elevadas para antocianinas monoméricas totais, diferindo significativamente (p<0,05) apenas da amostra C_t (Tabela 1). Os resultados de antocianinas monoméricas encontram-se próximos aos reportados por trabalhos recentes envolvendo vinhos brasileiros, variando de 9,35 a 237,71mg.L⁻¹²⁶ e de 5,2 a 20,7mg.L⁻¹²⁴. Assim como Lucena et al.²⁴ verificaram, os

resultados mostraram que as quantidades de antocianinas monoméricas provavelmente não foram responsáveis pelo alto conteúdo fenólico das amostras do “Vale do São Francisco”, já que suas concentrações estavam dentro do reportado na literatura para vinhos tintos nacionais.

Os parâmetros de cor das amostras de vinhos tintos indicaram que as amostras A_t e B_t apresentaram os menores índices de L^* (luminosidade), sendo, portanto, as mais escuras, enquanto a amostra C_t foi a mais clara com a maior luminosidade (Tabela 1). A amostra B_t apresentou os menores valores de a^* , b^* e C^* , ou seja, menos cor vermelha e amarela e menor saturação da cor (Tabela 1). Possivelmente, este fato está relacionado ao seu elevado pH (3,93), uma vez que Jackson¹⁴ cita que vinhos com $pH > 3,9$ estão mais susceptíveis à oxidação dos compostos fenólicos e, portanto, à perda de sua cor jovem. O alto valor de pH também foi atribuído como um dos fatores responsáveis pelos baixos índices de C^* e a^* observados em vinhos Tempranillo²⁸.

Já as amostras de vinhos brancos apresentaram altos índices de luminosidade (L^*), ou seja, se mostraram claras e luminosas com valores próximos a 100 (Tabela 2). Esse é um aspecto muito importante na qualidade de vinhos brancos, já que a opacidade está relacionada a falhas da cadeia produtiva e comprometimento da sanidade da bebida.

Quanto ao componente de cor vermelha (a^*), foram observadas as maiores médias (36,13 e 35,50) nas amostras de vinhos tintos elaborados na “Serra Gaúcha” (E_t e F_t , respectivamente), seguidas pela amostra A_t (35,00) produzida no “Vale do São Francisco”. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre essas três amostras. As amostras com menor componente vermelho (B_t e C_t) foram elaboradas a partir da variedade Cabernet Sauvignon no “Vale do São Francisco”. O corte Cabernet Sauvignon/Shiraz parece ter favorecido a maior intensidade de a^* somente entre as amostras da região Nordeste do país (Tabela 1).

Nas amostras de vinhos brancos, os valores observados do componente de cor verde ($-a^*$) foram mais associados à cor verde nas amostras A_b e B_b do que nas amostras C_b e D_b (Tabela 2) de acordo com o espaço de cor CIELAB, embora os valores tenham sido próximos e apenas as amostras A_b e C_b tenham diferido significativamente ($p < 0,05$).

Os maiores valores do componente de cor amarela (b^*) dos vinhos tintos foram obtidos nas amostras C_t , D_t e F_t (Tabela 1), o que pode conferir uma coloração um pouco mais alaranjada nessas amostras. Devido ao fato dos

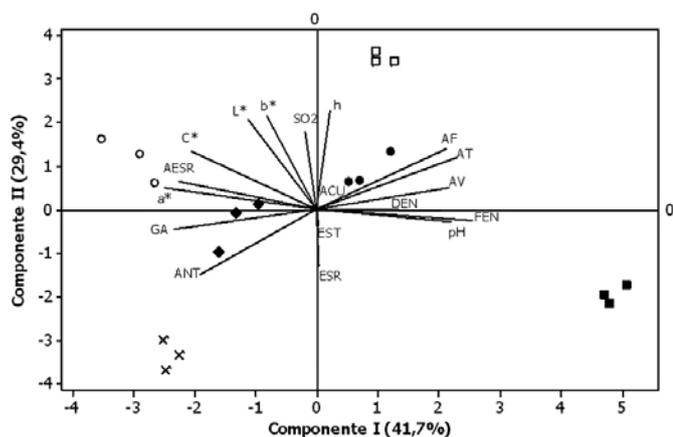
vinhos tintos exibirem cor predominantemente vermelha, em geral, o valor de a^* é maior que b^* . Este fato pode induzir ao pensamento de que b^* seria um parâmetro “secundário”, porém do ponto de vista psicométrico (como a cor é percebida pelo olho humano), ambos a^* e b^* são importantes para a estimativa da cor, principalmente em alguns vinhos jovens com altos níveis de derivados da malvidina²⁹.

Já as amostras de vinho branco A_b e B_b apresentaram valores de b^* mais intensos, enquanto as amostras C_b e D_b obtiveram valores menores para esse mesmo parâmetro (Tabela 2). Como uma das principais contribuições dos compostos fenólicos em vinhos é a cor, possivelmente a maior intensidade de cor amarela nas amostras A_b e B_b aconteça em razão do seu maior conteúdo fenólico (Tabela 2). Os principais compostos responsáveis pela coloração de vinhos brancos são as catequinas e os hidroxicinamatos, os quais são inicialmente incolores, mas podem ser oxidados enzimaticamente ou quimicamente formando produtos de cor amarela ou marrom^{30, 31}.

Em um estudo sobre o perfil de compostos fenólicos de vinhos brancos varietais produzidos nas Ilhas Canárias³¹, os resultados obtidos dos compostos fenólicos foram correlacionados com as coordenadas CIELAB alcançadas. Foi sugerido que vinhos brancos com maior teor de compostos fenólicos exibiriam tonalidades mais amareladas pela maior formação de compostos decorrentes do escurecimento pela sua oxidação.

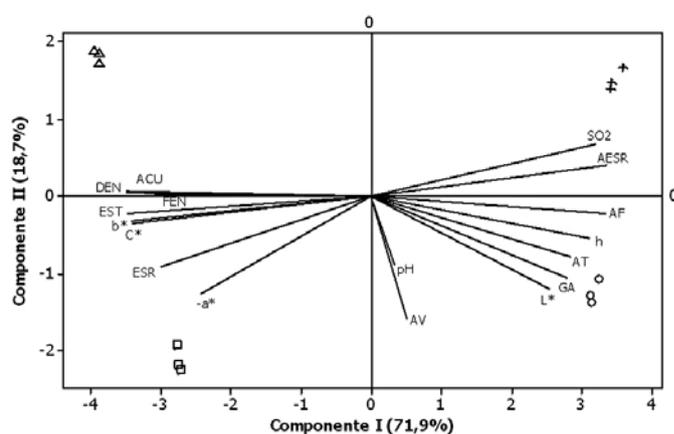
Com relação ao valor de croma (C^*) dos vinhos tintos, é possível observar que a amostra C_t alcançou a maior média, seguida pelas amostras E_t e F_t , sem diferença significativa ($p < 0,05$) (Tabela 1). Essas amostras apresentaram, portanto, uma coloração vívida, concordando com o trabalho de Granato et al.²⁶, onde foi afirmado que valores de C^* próximos ou maiores que 50 correspondem a cores mais vívidas. O valor de croma (C^*) das amostras de vinhos brancos foram baixos e próximos à origem das coordenadas do espaço CIELAB, principalmente as amostras C_b e D_b (Tabela 2).

O ângulo da tonalidade da cor (h) indicou que as amostras tintas C_t , D_t e F_t se encontraram mais afastadas do eixo 0° (vermelho), tendendo à direção do eixo 90° (amarelo), concordando com as maiores médias de b^* alcançadas por essas amostras (Tabela 1). A amostra A_t foi a que apresentou menor média de h e, portanto, maior proximidade com o eixo 0° . Com relação aos vinhos brancos, as amostras A_b e B_b apresentaram médias de h mais próximas do eixo 90° , indicando tonalidade de cor



DEN: densidade relativa a 20°C, GA: grau alcoólico, AT: acidez total, AV: acidez volátil corrigida, AF: acidez fixa, EST: extrato seco total, ESR: extrato seco reduzido, AESR: relação álcool em peso/extrato seco reduzido, SO2: anidrido sulfuroso total, ACU: açúcares residuais totais, FEN: compostos fenólicos totais, ANT: antocianinas totais, L*: luminosidade, a* componente verde-vermelho, b*: componente azul-amarelo, C* cromaticidade da cor, h: ângulo da tonalidade da cor, x = Amostra A₁, ■ = Amostra B₁, □ = Amostra C₁, ● = Amostra C₂, ◆ = Amostra E₁, ○ = Amostra D₁

Figura 1. Projeção bidimensional dos resultados obtidos da Análise de Componentes Principais I e II para os parâmetros físico-químicos e colorimétricos das amostras de vinhos tintos



DEN: densidade relativa a 20°C, GA: grau alcoólico, AT: acidez total, AV: acidez volátil corrigida, AF: acidez fixa, EST: extrato seco total, ESR: extrato seco reduzido, AESR: relação álcool em peso/extrato seco reduzido, SO2: anidrido sulfuroso total, ACU: açúcares residuais totais, FEN: compostos fenólicos totais, L*: luminosidade, a* componente verde-vermelho, b*: componente azul-amarelo, C* cromaticidade da cor, h: ângulo da tonalidade da cor, △ = Amostra A₂, ▲ = Amostra B₂, + = Amostra C₂, ○ = Amostra D₂

Figura 2. Projeção bidimensional dos resultados obtidos da Análise de Componentes Principais I e II para os parâmetros físico-químicos e colorimétricos das amostras de vinhos brancos

mais amarelada, concordando também com as maiores médias de b* (Tabela 2).

A fim de verificar se os resultados das análises físico-químicas e colorimétricas poderiam diferenciar as amostras de acordo com a variedade de uva (ou da região geográfica, no caso dos vinhos tintos), uma Análise de Componentes Principais (ACP) em matriz de correlação foi realizada (Figuras 1 e 2). Nesse tipo de análise multivariada, amostras similares geralmente ocupam regiões próximas no gráfico e são caracterizadas pelos vetores que representam os parâmetros avaliados. A proximidade dos diferentes vetores entre si pode sugerir uma correlação positiva.

O modelo de ACP desenvolvido para as amostras de vinhos tintos (Figura 1) mostrou que os Componentes Principais I e II foram capazes de explicar 71,1% da variação total dos dados, onde o Componente I explicou 41,7% e o Componente II, 29,4%.

Foi possível verificar que o grau alcoólico e as antocianinas totais foram importantes na caracterização da amostra A₁, bem como os compostos fenólicos e o pH na caracterização da amostra B₁. A amostra C₁ foi caracterizada principalmente por maior ângulo da tonalidade da cor, enquanto a amostra D₁, por maior quantidade de açúcares residuais totais, sendo também importantes a acidez total

e a acidez fixa. Quanto às amostras elaboradas no sul do país, a amostra E₁ se caracterizou pelo componente de cor vermelha, grau alcoólico e antocianinas totais. Já a amostra F₁ foi caracterizada principalmente pelo componente de cor vermelha, cromaticidade da cor e relação álcool em peso/extrato seco reduzido. No entanto, não houve uma discriminação das amostras tintas em função da variedade de uva empregada ou da região geográfica de produção pela técnica da ACP.

Por outro lado, o modelo de ACP gerado pelas amostras de vinhos brancos (Figura 2) mostrou que os Componentes Principais I e II explicaram 90,6% da variação total dos dados, onde o Componente I explicou 71,9% e o Componente II, 18,7%.

Foi observado que o extrato seco reduzido e o componente de cor verde foram importantes na caracterização da amostra A₂, enquanto a densidade e os açúcares residuais totais na caracterização da amostra B₂. A amostra C₂ foi caracterizada principalmente por maiores índices de SO₂ total e relação álcool em peso/extrato seco reduzido. A amostra D₂ se caracterizou por grau alcoólico, acidez total, luminosidade e ângulo da tonalidade da cor, sendo também importante a acidez volátil e a acidez fixa. Também não foi possível uma discriminação das amostras brancas através da ACP quanto à variedade de uva usada,

porém houve uma discriminação entre as amostras secas e suaves pelo Componente I (Figura 2).

Miele et al.⁸ conseguiram discriminar através de ACP cinco de um total de sete regiões vitícolas brasileiras, dentre elas o “Vale do São Francisco” e São Joaquim (“Serra Gaúcha”). Os vinhos produzidos no “Vale do São Francisco” foram caracterizados por maior teor de potássio, pH, densidade e acidez volátil. Os vinhos produzidos em São Joaquim se caracterizaram por variáveis relacionadas ao “corpo” e à cor do vinho.

CONCLUSÃO

Apesar dos valores relativamente altos de pH e da acidez volátil de algumas amostras, tanto os vinhos tintos quanto os brancos apresentaram os parâmetros analíticos dentro dos limites fixados pela legislação brasileira para bebidas alcoólicas, exceto o teor de açúcar residual total das amostras de vinho tinto analisadas. Com relação às amostras de vinho branco, a amostra C_b (“Vale do São Francisco”) foi a única que apresentou alteração na relação álcool em peso/extrato seco reduzido. As amostras de vinhos tintos apresentaram boa saturação da cor (C*), enquanto as amostras de vinhos brancos alcançaram níveis elevados de luminosidade (L*). Não foi possível uma discriminação das amostras com base apenas na variedade de uva utilizada (ou na sua procedência geográfica, no caso dos vinhos tintos) através da Análise de Componentes Principais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) pelo apoio financeiro. Às vinícolas Miolo/Fazenda Ouro Verde, Bianchetti, Botticelli e Rio Sol pela doação de parte das amostras utilizadas neste estudo. Às professoras Deusdélia Teixeira de Almeida e Itaciara Larroza Nunes da Escola de Nutrição da Universidade Federal da Bahia pela colaboração na análise de cor das amostras.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº229 de 25 de outubro de 1988. Aprovar as normas referentes à “complementação dos padrões de identidade e qualidade do vinho”. [acesso 31 mar 2010]. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/].
2. Santos BAC. Compostos voláteis e qualidade dos vinhos secos jovens varietal Cabernet Sauvignon produzidos em diferentes regiões do Brasil [tese de doutorado]. Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas; 2006.
3. Meléndez ME, Sánchez MS, Íñiguez M, Saraiba LA, Ortiz MC. Psychophysical parameters of colour and the chemometric characterisation of wines of the certified denomination of origin ‘Rioja’. *Anal Chim Acta*. 2001;446:159-69.
4. Morrot G, Brochet F, Dubourdieu D. The color of odors. *Brain Language*. 2001;79:309-20.
5. Durán L, Costell E. Révision: percepción del gusto. Aspectos fisicoquímicos y psicofísicos. *Food Sci Technol Int*. 1999;5(4):299-309.
6. Bernardo E. Savoir goûter le vin: par le meilleur sommelier du monde. Paris: Ed. Plon; 2005.
7. Soares JM, Leão PCS (Ed. Téc.). A vitivinicultura no semiárido brasileiro. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido; 2009.
8. Miele A, Rizzon LA, Zanús MC. Discrimination of Brazilian red wines according to the viticultural region, varietal, and winery origin. *Cienc Tecnol Aliment*. 2010;30(1):268-75.
9. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº24 de 8 de setembro de 2005. Aprova o manual operacional de bebidas e vinagres. [acesso 31 mar 2010]. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/].
10. Maraschin RP. Caracterização química de vinhos Cabernet Sauvignon produzidos na Serra Gaúcha (ênfase em compostos fenólicos) [dissertação de mestrado]. Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina; 2003.
11. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*. 1965;16:144-58.
12. Lee J, Durst RW, Wrolstad R. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *J AOAC Int*. 2005;88(5):1269-78.
13. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei nº10970 de 12 de novembro de 2004. Altera dispositivos da Lei nº7678 de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização da uva e do vinho, e dá outras providências. [acesso 2010 mar 31]. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/].
14. Jackson RS. Wine science: principles and applications. 3rd ed. San Diego (CA): Elsevier Academic Press; 2008.
15. Mota RV, Amorim DA, Favero AC, Gloria MBA, Regina MA. Caracterização físico-química e amins bioativas da cv. Syrah I – Efeito do ciclo de produção. *Cienc Tecnol Aliment*. 2009;29(2):380-5.
16. Rizzon LA, Miele A. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. *Cienc Rural*. 2002;32(3):511-5.
17. Rizzon LA, Miele A. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. *Cienc Tecnol Aliment*. 2002;22(2):192-8.
18. Andrade MF, Souza DJP, Silva JBP, Paim APS. Análise multivariada de parâmetros físico-químicos em amostras de vinhos tintos comercializados na região metropolitana do Recife. *Quim Nova*. 2008;31(2):296-300.

19. Rizzon LA, Miele A. Avaliação da cv. Merlot para elaboração de vinho tinto. *Cienc Tecnol Aliment*. 2003;23(Supl.):156-61.
20. Chavarria G, Santos HP, Zanus MC, Zorzan C, Marodin GAB. Caracterização físico-química do mosto e do vinho Moscato Giallo em videiras cultivadas sob cobertura de plástico. *Pesq Agropec Bras*. 2008;43(7):911-6.
21. Rizzon LA, Miele A. Avaliação da cv. Tannat para elaboração de vinho tinto. *Cienc Tecnol Aliment*. 2004;24(2):223-9.
22. Danilewics JC. Interaction of sulfur dioxide, polyphenols, and oxygen in a wine-model system: central role of iron and copper. *Am J Enol Vitic*. 2007;58(1):53-60.
23. Kondrashov A, Ševčík R, Benáková H, Koštířová M, Štípek S. The key role of grape variety for antioxidant capacity of red wines. *Eur e-J Clin Nutr Met*. 2009;4(1): e41-e46.
24. Lucena APS, Nascimento RJB, Maciel JAC, Tavares JX, Barbosa-Filho JM, Oliveira JE. Antioxidant activity and phenolics content of selected Brazilian wines. *J Food Compos Anal*. 2010;23:30-6.
25. Mamede MEO, Pastore GM. Compostos fenólicos do vinho: estrutura e ação antioxidante. *Bol CEPPA*, 2004;22(2):233-52.
26. Granato D, Katayama FCU, Castro IA. Assessing the association between phenolic compounds and the antioxidant activity of Brazilian red wines using chemometrics. *LWT – Food Sci Technol*. 2010;43(10):1542-9.
27. Minussi RC, Rossi M, Bologna L, Cordi L, Rotilio D, Pastore GM, Duran N. Phenolic compounds and total antioxidant potential of commercial wines. *Food Chem*. 2003;82:409-16.
28. Monagas M, Gómez-Cordovés C, Bartolomé B. Evaluation of different *Saccharomyces cerevisiae* strains for red winemaking. Influence on the anthocyanin, pyranoanthocyanin and non-anthocyanin phenolic content and colour characteristics of wines. *Food Chem*. 2007;104:814-23.
29. Pérez-Magariño S, González-Sanjosé ML. Application of absorbance values used in wineries for estimating CIELAB parameters in red wines. *Food Chem*. 2003;81:301-6.
30. Harbertson JF, Spayd S. Measuring phenolics in the winery. *Am J Enol Vitic*. 2006;57(3):280-8.
31. Darias-Martín JJ, Andrés-Lacueva C, Diaz-Romero C, Lamuela-Raventós RM. Phenolic profile in varietal White wines made in the Canary Islands. *Eur Food Res Technol*. 2008;226:871-6.