

搅拌棒吸附萃取-气质联机分析(SBSE-GC/MS) 在葡萄酒香气分析中的应用*

杨丽丽¹, 王方², 张岱², 王伟², 李景明¹

1(中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京, 100083) 2(中法合营王朝葡萄酒有限公司, 天津, 300402)

摘 要 采用搅拌棒吸附萃取(SBSE)与气相色谱/质谱(GC/MS)联用技术, 针对半干白葡萄酒香气成分提取中时间、温度、加盐量等进行了优化, 结果表明, 室温下搅拌萃取1 h能够有效提取到香气成分, 且加盐能明显增强萃取效果。此方法能够分析得到香气成分约90种, 其中包括醇类13种、酸类12种、酯类31种、萜烯类21种, 以及挥发性酚及酮类。采用优化的方法, 葡萄酒中的多种组分能够得到有效的萃取及分离。

关键词 搅拌棒萃取, 葡萄酒, 香气, 气相色谱/质谱联用

香气是评判葡萄酒品质的一个重要的感官指标。葡萄酒芳香物质的种类、含量、感觉阈值及其之间的相互作用决定着葡萄酒的感官质量, 它们是构成葡萄酒质量的主要因素, 决定着葡萄酒的风味和典型性^[1-3]。根据已有的研究报道, 葡萄酒的香气大约有800多种物质, 这些物质不仅气味各异, 而且它们之间还通过累加作用、协同作用、分离作用以及抑制作用等, 使香气千变万化^[4]。目前分析中常用的香气提取方法主要有吹扫捕集法(purge and trap), 液液萃取法(liquid-liquid extraction, LLE), 固相萃取法(solid phase extraction, SPE), 固相微萃取法(solid phase micro-extraction, SPME)以及近几年才出现的搅拌棒萃取(stir bar sorptive extraction, SBSE)技术^[5]等。搅拌棒萃取是将具有聚二甲基硅氧烷(polydimethylsiloxane, PDMS)涂层的搅拌棒置于样品中进行搅拌吸附, 它的提取原理类似于固相微萃取(SPME), 但多聚二甲基硅氧烷(PDMS)含量搅拌棒远高于SPME萃取头, 目前此技术已应用于水中污染物的检测, 果醋^[6]、果酒^[7]等行业, 其中在葡萄酒分析中, 搅拌棒萃取已应用于香气、瓶塞污染物三氯苯甲醚及农残等的检测。实验表明, SBSE分析能够降低样品分析的检测限, 具有良好的重复性^[8,9]。本文主要研究了SBSE与GC-MS联用在葡萄酒挥发性物质分析方面的应用, 对萃取参数进行了优化。

1 材料与方法

1.1 材料

第一作者: 硕士研究生(李景明为通讯作者)。

* 国家自然科学基金资助项目(30671442)

收稿日期: 2009-01-04, 改回日期: 2009-02-16

王朝半干白葡萄酒(中法合营王朝葡萄酒有限公司, 2007年酿制)。

1.2 SBSE条件

SBSE采用的搅拌棒长10mm, 萃取涂层PDMS厚度0.5mm, 含量为5 μ L(Gerstel公司, 德国), 使用前于热脱附装置(Gerstel公司, 德国)中老化60 min。取王朝半干白葡萄酒样10 mL, 置于20 mL样品瓶中, 放入搅拌棒萃取。吸附结束后, 取出搅拌棒, 用去离子水冲洗后再用滤纸吸干水分, 将搅拌棒转移到热脱附装置中解吸附, 进入GC-MS。

1.3 热解吸系统(TDS)条件

不分流模式, 初始温度30 $^{\circ}$ C, 保留1 min, 30 $^{\circ}$ C/min升到250 $^{\circ}$ C, 保留10 min。

1.4 冷进样系统(CIS)条件

液氮制冷, -50 $^{\circ}$ C, 升温程序为-50 $^{\circ}$ C平衡1 min, 12 $^{\circ}$ C/min升到250 $^{\circ}$ C保留3 min。

1.5 GC-MS条件

气相色谱-质谱联用仪(Agilent 6890-5975, 美国Agilent公司), 采用EI电离源, 电子能量为70eV, 扫描范围45~500AMU, 质谱接口温度为280 $^{\circ}$ C, 离子源温度230 $^{\circ}$ C。载气为He, 流速1 mL/min。

毛细管柱: INNOWAX(60m \times 0.25mm \times 0.25 μ m, 美国J&W公司)。

程序升温条件为: 40 $^{\circ}$ C保持5 min, 以4 $^{\circ}$ C/min的速率升至220 $^{\circ}$ C, 保持5 min。

1.6 定性方法

分析结果运用NIST05标准谱库进行检索定性。

2 结果与分析

2.1 萃取时间对芳香成分萃取效果的影响

本实验选择 15 min、30 min、60 min、90 min 4 个时间梯度,萃取温度 30℃,每个梯度 3 个重复,分析 4 个不同的萃取时间对搅拌棒萃取葡萄酒香气成分的影响,各萃取时间下葡萄酒中主要香气成分的峰面积比较结果如图 1 所示。

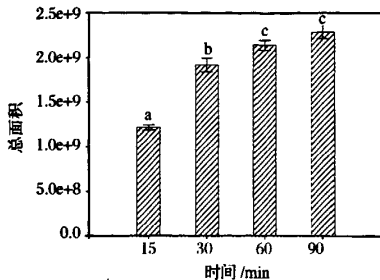


图 1 不同萃取时间下葡萄酒香气成分总峰面积

由图 1 可以看出,在其它条件相同,萃取时间不同的条件下,从 15 ~ 30 min,随着萃取时间的延长,萃取到的香气成分含量极其显著增加,30 ~ 90 min 增长趋势缓慢,30 min 和 90 min 组分峰面积差异显著,60 min 和 90 min 组分峰面积差异较小,表明 60 min 的萃取时间能充分吸附葡萄酒中的香气成分。

2.2 温度对萃取效果的影响

在萃取温度的优化实验中选择 20℃, 30℃, 40℃, 50℃ 四个梯度进行实验,萃取 60 min,每个梯度 3 个重复。各萃取温度下分析萃取到芳香成分色谱峰总面积如图 2 所示。

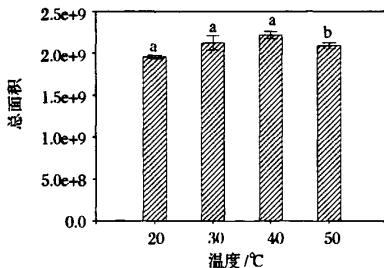


图 2 不同的萃取温度下葡萄酒芳香成分总峰面积

从图 2 可看出,从 20 ~ 40℃,随着温度的升高,萃取到的香气组分含量也随着增高,但是增加趋势较小,升到 50℃ 时萃取到的香气成分有降低趋势,这是由于随着温度的升高,香气成分在液相的气相中分配比例的改变,升高温度促进了一些芳香成分的挥发,从而减少了水相中的溶解浓度,使搅拌棒可萃取到的成分减少,另一方面升高温度对葡萄酒本身也有影响,会使酒中的物质发生变化,因此高温不利于葡萄酒香气的分析。总体来看,温度对萃取效果影响较小,20℃ 上升到 40℃ 萃取条件下结果差异不显著,

50℃ 后显著降低。因此本实验选取室温萃取。

2.3 加盐量对 SBSE 萃取效果的影响

本实验选取加盐量 0%、15%、30% 三个梯度进行实验,每个梯度 3 个重复,测定加盐量对搅拌棒萃取香气成分效果的影响,实验结果如图 3 所示。

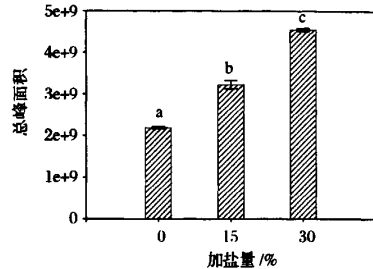


图 3 不同的 NaCl 浓度下葡萄酒芳香成分总峰面积比较

加盐对搅拌棒吸附的影响有双重效应:向葡萄酒中加入盐增加了离子强度,有利于香气成分的挥发,向顶空扩散(提高了香气成分的顶空分配)。由实验结果可以看出,随着加盐量的增加,搅拌棒萃取到的香气成分明显提高,且本实验中不同的盐浓度萃取到的芳香成分总量差异极显著,对搅拌棒吸附萃取葡萄酒香气成分而言,加盐增强离子强度,使香气成分在扩散到顶空之前更多的被搅拌棒吸附,增加了搅拌棒的吸附量。这与 Marín 等人的研究不一致,其研究针对糠醛、5-甲基糠醛、愈创木酚、4-甲基愈创木酚、4-乙基愈创木酚、丁香酚、丁香醛等陈酿香,结果表明加盐并不能促进芳香成分的提取^[10,11],这可能与所研究葡萄酒中的芳香成分的性质不同所致,本研究是针对半干白葡萄酒中的大部分挥发性组分,且加盐有利于芳香成分的提取,因此在本实验中选择加盐萃取,加入量为 30%。

SBSE 的最佳条件为,10 mL 王朝半干白葡萄酒,盐浓度 30%,室温下萃取 60 min,进 GC/MS 分析,所得总离子流出图如图 4,定性结果如表 1 所示。

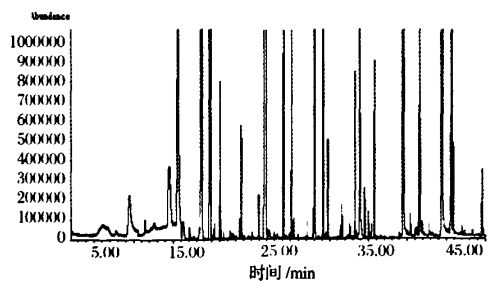


图 4 SBSE 分析半干白葡萄酒香气成分 GC/MS 总离子流出图

表1 半干白葡萄酒香气成分 SBSE-GC/MS 分析结果

编号	保留时间 /min	分子式	英文名称	中文名称	感官特征	匹配度
1	9.482	C ₂ H ₆ O	Ethyl alcohol	乙醇	醇香	946
2	10.343	C ₅ H ₁₂ O	2-Pentanol	2-戊醇	—	724
3	14.522	C ₄ H ₁₀ O	1-Propanol, 2-methyl-	2-甲基-1-丙醇	酒精味	894
4	15.691	C ₇ H ₁₄ O ₂	1-Butanol, 3-methyl-, acetate	乙酸异戊酯	新鲜香蕉味	922
5	17.104	C ₁₀ H ₁₆	β -Pinene	β -蒎烯	松木香气	737
6	17.461	C ₇ H ₁₄ O ₂	Acetic acid, pentyl ester	乙酸正戊酯	—	717
7	17.672	C ₁₀ H ₁₆	Isoterpinolene	异-蒎品油烯	—	790
8	18.359	C ₁₀ H ₁₇	Limonene	柠檬烯	柠檬香气	835
9	18.710	C ₅ H ₁₂ O	1-Butanol, 3-methyl-	3-甲基-1-丁醇	干酪味	910
10	19.842	C ₈ H ₁₆ O ₂	Hexanoic acid, ethyl ester	己酸乙酯	菠萝香气	916
11	20.098	C ₁₀ H ₁₈	1,6-octadiene, 2,6-dimethyl-	2,6-二甲基-1,6-辛二烯	—	633
12	20.197	C ₁₀ H ₁₆	β -terpinene	β -蒎品烯	柠檬、柑橘和松木气息	831
13	20.344	C ₁₀ H ₁₆	Ocimene	罗勒烯	薰衣草香气	887
14	20.82	C ₈ H ₁₈ O ₂	Butanoic acid, 3-methylbutyl ester	丁酸-3-甲基丁酯	似梨样的水果香气	834
15	21.084	C ₈ H ₁₆ O ₂	Acetic acid, hexyl ester	乙酸己酯	梨香, 水果香	885
16	21.484	C ₁₀ H ₁₆	(+)-4-carene	(+)-4-萜烯	令人愉快的气味	839
17	22.188	C ₈ H ₈ O ₂	2-butanone, 3-hydroxy	3-羟基-2-丁酮	奶油香气	673
18	22.332	C ₈ H ₁₄ O ₂	3-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-	乙酸-3-己烯酯	青、鲜的果香, 香蕉样气息	876
19	22.656	C ₈ H ₁₄ O ₂	4-Hexen-1-ol, acetate	乙酸-4-己烯酯	—	805
20	22.767	C ₁₄ H ₂₄ O ₂	Linalyl butyrate	丁酸里哪酯	蜂蜜的香气	
21	22.834	C ₈ H ₁₄ O	(S)-(+)-3-Methyl-1-pentanol	3-甲基-1-戊醇	—	413
22	23.202	C ₈ H ₁₈ O ₂	Heptanoic acid, ethyl ester	庚酸乙酯	近似糠酸克酒香的水果香气	776
23	23.395	C ₈ H ₁₄ O	5-Hepten-2-one, 6-methyl-	6-甲基-5-庚烯-2-酮	类似柑桔的香气及梨的酸甜味	701
24	23.540	C ₅ H ₁₀ O ₃	Propanoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	乳酸乙酯	朗姆酒、水果和奶油香气	915
25	23.753	C ₆ H ₁₄ O	1-Hexanol	己醇	淡青的嫩枝叶气息和 果香香气	923
26	23.905	C ₁₀ H ₁₈ O	trans-Rose oxide	反式-玫瑰醚	玫瑰香气	811
27	24.146	C ₆ H ₁₂ O	3-Hexen-1-ol, (trans)-	反式-3-己烯-1-醇	新鲜叶草的香气	832
28	24.619	C ₁₀ H ₁₆	2,4,6-Octatriene, 2,6-dimethyl-	别罗勒烯	新鲜草香	822
29	24.870	C ₆ H ₁₂ O	3-Hexen-1-ol, cis-	顺式-3-己烯-1-醇	强烈的叶草青香和新茶叶气息	722
30	25.147	C ₉ H ₁₈ O ₂	Octanoic acid, methyl ester	辛酸甲酯	强烈柑橘香气	741
31	25.326	C ₉ H ₁₈ O	Nonanal	壬醛	甜橙香气	
32	26.913	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	Octanoic acid, ethyl ester	辛酸乙酯	近似杏子香蕉凤梨样 的酒香香气	894
33	27.005	C ₈ H ₁₆ O	Cyclohexanol, 3,5-dimethyl-	3,5-二甲基环己醇	—	713
34	27.360	C ₂ H ₄ O ₂	Acetic acid	乙酸	酸味	848
35	27.456	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	Isopentyl hexanoate	己酸异戊酯	菠萝等水果香气	721
36	27.822	C ₅ H ₄ O ₂	Furfural	糠醛	焦糖样的气息	847
37	27.932	C ₁₀ H ₁₆ O	2H-Pyran, 3,6-dihydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-	3,6-二氢-4-甲基-2-(2-甲基-1-丙基)-2H-吡喃	—	841
38	28.046	C ₁₀ H ₁₈ O	cis-Geraniol	香叶醇	淡甜的玫瑰花香气	649
39	29.143	C ₈ H ₁₂ O ₂	2,4-Hexadienoic acid, ethyl ester	山梨酸乙酯	甜香、果香及菠萝蜜气味	902
40	29.553	C ₁₀ H ₁₈ O ₃	nonanoic acid, 2-oxo-, methylester	2-酮基壬酸甲酯	—	827
41	29.812	C ₇ H ₆ O	Benzaldehyde	苯甲醛	苦杏仁味	775
42	30.198	C ₁₀ H ₁₈ O	Linalool	里哪醇	百合花香	894
43	30.452	C ₈ H ₁₈ O	1-Octanol	辛醇	新鲜柑橘香气, 玫瑰花香	906
44	30.991	C ₄ H ₈ O ₂	Propanoic acid, 2-methyl-	异丁酸	干酪味	757
45	31.735	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	Decanoic acid, methyl ester	癸酸甲酯	带甜的水果香气	752
46	31.884	C ₈ H ₁₆	Cyclohexanol, 1,3-dimethyl-, cis-	1,3-二甲基环己醇	—	667
47	32.029	C ₁₀ H ₁₈ O	(-)-Terpinen-4-ol	蒎品烯-4-醇	辛香、木香、壤香, 并有紫丁香气息	776

续表 1

编号	保留时间 /min	分子式	英文名称	中文名称	感官特征	匹配度
48	32.128	C ₁₀ H ₁₆ O	1,5,7-Octatrien-3-ol, 3,7-dimethyl-	脱氢芳樟醇	水果味	833
49	32.820	C ₄ H ₈ O ₂	Butanoic acid	丁酸	腐败奶油样的气味	927
50	32.907	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	Butyl sorbate	山梨酸丁酯	—	583
51	33.104	C ₁₀ H ₂₄ O ₂	Decanoic acid, ethyl ester	癸酸乙酯	葡萄样和康涅克酒样的香气	902
52	33.539	C ₉ H ₂₀ O	1-Nonanol	壬醇	甜而青的花蜡和脂蜡香气	690
53	33.623	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	Octanoic acid, 3-methylbutyl ester	辛酸异戊酯	甜的水果香气	799
54	33.850	C ₁₅ H ₂₄	Farnesene	金合欢烯	花香、青香和香膏样香气	671
55	34.051	C ₇ H ₁₄ O ₂	Hexanoic acid, 2-methyl-	2-甲基-己酸	奶香香气	663
56	34.192	C ₈ H ₁₄ O ₄	Butanedioic acid, diethyl ester	丁二酸二乙酯	微弱的令人愉快的水果香气	885
57	34.575	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	Ethyl 9-decenoate	9-癸烯酸乙酯	—	717
58	34.801	C ₁₀ H ₁₈ O	α -Terpineol	α -萜品醇	茴香味	884
59	34.942	C ₁₀ H ₁₈ O	2-Cyclohexene-1-methanol, 2,6,6-trimethyl-	2,6,6-三甲基-1-甲 醇-2-环己烯	—	677
60	35.748	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	Vinyl decanoate	癸酸乙烯酯	—	517
61	35.969	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Epoxylinolol	环氧芳樟醇	—	738
62	36.160	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	2,6-Octadienoic acid,3, 7-dimethyl-, ethyl ester	香叶酸乙酯	—	722
63	36.290	C ₉ H ₁₄ O ₂	Propyl 2,4-hexadienecarboxylate	2,4-己二烯酸丙酯	—	562
64	36.477	C ₁₀ H ₂₂ O	1-Decanol	癸醇	甜的玫瑰脂蜡香气	888
65	36.604	C ₁₀ H ₂₀ O	Citronellol	香茅醇	青草味,丁香花香,蔷薇香	893
66	37.105	C ₉ H ₁₆ O ₄	Pentanedioic acid, diethyl ester	戊二酸二乙酯	—	720
67	37.236	C ₁₀ H ₁₈ O	6-Octen-1-ol, 7-methyl-3-methylene-	7-甲基-3-甲烯基-6 辛烯-1-醇	—	578
68	37.327	C ₈ H ₈ O ₃	Benzoic acid, 2-hydroxy-, methyl ester	2-羟基-苯酸甲酯	—	876
69	37.448	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	Benzeneacetic acid, ethyl ester	苯乙酸乙酯	蜜样和玫瑰样的香气	741
70	38.290	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	乙酸苯乙酯	带蜂蜜的近似玫瑰样的香气	894
71	38.440	C ₁₃ H ₁₈ O	Damascenone	大马士酮	花香、覆盆子香	854
72	38.925	C ₆ H ₁₂ O ₂	Hexanoic acid	己酸	似干酪和椰子油香甜气	865
73	40.300	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	2-Octenoic acid, ethyl ester	2-辛烯酸乙酯	—	518
74	40.792	C ₈ H ₁₀ O	Phenylethyl Alcohol	苯乙醇	青甜的玫瑰花样的香气	952
75	41.560	C ₁₃ H ₂₀ O	β -Ionone	β -紫罗兰酮	甜的花果香及紫罗兰样的香气	762
76	41.722	C ₇ H ₁₄ O ₂	Heptanoic acid	庚酸	不愉快的腥臭气味	649
77	42.175	C ₆ H ₁₀ O ₂	cis-3-Hexenoic acid	顺-3-己烯酸	干酪、青香、果香、奶香	508
78	43.994	C ₁₅ H ₂₆ O	1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3, 7,11-trimethyl-	橙花叔醇	类似苹果、百合、玫瑰 的微弱花香气	620
79	44.546	C ₈ H ₁₆ O ₂	Octanoic Acid	辛酸	干酪味	909
80	45.408	C ₁₅ H ₃₀ O ₃	Tridecanoic acid, 3-hydroxy-, ethyl ester	3-羟基十三酸乙酯	—	775
81	46.590	C ₆ H ₈ O ₂	Sorbic Acid	山梨酸	—	907
82	47.147	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	Eugenol	丁子香酚	丁子花香	620
83	47.818	C ₉ H ₁₀ O ₂	2-Methoxy-4-vinylphenol	4-乙氧基愈创木酚	焦香	715
84	49.517	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	n-Decanoic acid	癸酸	奶香和脂肪香气	909
85	50.889	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	Geranic acid	香叶酸	清甜果香	847
86	51.758	C ₁₁ H ₁₂ O ₂	Undecanoic acid	十一酸	—	782
87	53.332	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	2H-Pyran-2-one, 6-heptyltetrahydro-	十二内酯	—	751
88	54.576	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	Dodecanoic acid	十二酸	金属味	871

采用 SBSE-GC/MS 联机分析的方法分析王朝半干白葡萄酒,可定性出约 90 种芳香成分,其中包括醇类 13 种、酸类 12 种、酯类 31 种、萜烯类 21 种,以及挥发性酚及酮类。食品香气分析的最终目标是实现

感官的最优,所以仪器分析应当与感官分析相结合,相辅相成,才能够真正实现香气研究的意义。在本文中,我们通过国内外一系列针对葡萄酒香气研究的报道,获得了气质定性结果中大部分组分的感官特征描

述^[12-17],这对于具体分析、确定本实验的葡萄酒样品中典型性、特征性香气成分,以及 SBSE 方法对葡萄酒典型性、特征性香气成分的萃取效果,都是大有裨益的。王朝半干白主要采用玫瑰香、霞多丽和贵人香葡萄酒酿造,主体呈现出浓郁的玫瑰花香、柠檬香和青苹果的典型性香气特征。本方法在王朝半干白葡萄酒中检测到的柠檬烯、里哪醇、大马士酮、紫罗兰酮、玫瑰醚等挥发性香气成分恰恰是体现出来玫瑰、百合等鲜花及柠檬、甜橙、青苹果等水果的香气特征,说明它们是王朝半干白的特征性、主香成分。因此,GC/MS 仪器分析与感官分析描述结果验证了本实验所建立的 SBSE-GC/MS 方法的有效性,应用本方法可以提取到王朝半干白葡萄酒中的主香成分。该方法可以用于白葡萄酒的香气品质典型性、特征性的检测和生产性监控。

参 考 文 献

- 1 李记明,贺普超,刘玲. 优良品种葡萄酒的香气成分研究[J]. 西北农业大学学报,1998(12):6~9
- 2 李华,胡博然,杨新元,等. 蛇龙珠干红葡萄酒香气成分的 GC-MS 分析[J]. 分析测试学报,2004,23:85~87
- 3 李记明,宋长冰,贺普超. 葡萄与葡萄酒芳香物质研究进展[J]. 西北农业大学学报,1998,26:105~109
- 4 李华. 葡萄酒口感及香气的平衡[J]. 酿酒,1994(01):11~13
- 5 Baltussen E, Sandra P, David F. Stir bar sorptive extraction (SBSE), a novel extraction technique for aqueous samples: theory and principles [J]. J Microcolumn Separations, 1999, 11(10):737~747
- 6 Enrique DG, Ramón N M, Remedios CM, et al. Optimization of stir bar sorptive extraction applied to the determination of volatile compounds in vinegar[J]. Journal of Chromatography A, 2006, 1104: 47~53
- 7 韩业慧,范文来,徐岩,等. 搅拌棒吸附萃取技术与 GC/MS 联用测定苹果酒挥发性物质[J]. 分析实验室,2008,27(1):34~37
- 8 Kolahgar B, Hoffmann A, Heiden A C. Application of stir bar sorptive extraction to the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in aqueous samples [J]. Journal of Chromatography A, 2002,963:225~230
- 9 Díez J, Domínguez C, Guillén D A, et al. Optimisation of stir bar sorptive extraction for the analysis of volatile phenols in wines [J]. Journal of Chromatography A, 2004, 1025: 263~267
- 10 Zalacain A, Marín J, Alonso G L, et al. Analysis of wine primary aroma compounds by stir bar sorptive extraction [J]. Talanta, 2007,71:1 610~1 615
- 11 Marín J, Zalacain A, Salinas M R, et al. Stir bar sorptive extraction for the determination of volatile compounds in oak-aged wines [J]. Journal of Chromatography A,2005,1089:1~6
- 12 秦丽娜. 品种和产地因素对葡萄酒香气的影响分析[D]. 北京:中国农业大学,2007
- 13 Sarrazin E, Dubourdieu D, Darriet P, et al. Characterization of key-aroma compounds of botrytized wines, influence of grape botrytization [J]. Food Chemistry, 2007,103: 536~545
- 14 刘翠平. 威代尔葡萄成熟及冰冻过程中萜烯类化合物及其 β -葡萄糖苷酶的变化研究[D]. 北京:北京林业大学,2007
- 15 Culleré L, Escudero A, Ferreira V, et al. Gas chromatography-olfactometry and chemical quantitative study of the aroma of six premium quality Spanish aged red wines [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004,52:1 653~1 660
- 16 Selli S, Cabaroğlu T, Canbas A et al. Volatile composition of red wine from cv. Kalecik Karast grown in central Anatolia [J]. Food Chemistry, 2004,85: 207~213
- 17 Peinado RA, Mauricio JC, Moreno J. Aromatic series in sherry wines with gluconic acid subjected to different biological aging conditions by *Saccharomyces cerevisiae* var. *capensis* [J]. Food Chemistry, 2006,94: 232~239

The Volatile Compounds in Medium Dry White Wine Analyzed by SBSE-GC/MS

Yang Lili¹, Wang Fang², Zhang Dai², Wang Wei², Li Jingming¹

1 College of Food Science & Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083

2 Sino-French Joint-Venture Dynasty Winery Ltd., Tianjin 300402

ABSTRACT The volatile compounds of medium dry white wine were analyzed by stir bar sorptive extraction (SBSE) followed by GC/MS. In this study, the influences of time, temperature and salt concentration on the extraction were investigated. The optimized conditions were 10 mL wine with NaCl to a final concentration 30 % (w/v), extracted by stir bar at room temperature for 60 min. At this condition, 88 volatile compounds in wine were isolated effectively, including alcohols 13, esters 31, acids 12, terpenes 21, volatile phenols and ketones.

Key words stir bar sorptive extraction, wine, aroma, GC/MS