

文章编号:1673-1689(2009)05-0709-07

山茱萸利口酒香气成分的研究

胡劲光¹, 刘延琳^{*1,2}

(1. 西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西杨凌 712100; 2. 陕西省葡萄与葡萄酒工程技术研究中心, 陕西杨凌 712100)

摘要: 山茱萸具有极高的营养价值和药用价值, 为促进我国山茱萸产业的多元化发展, 应用溶液萃取法与固相微萃取法对山茱萸利口酒的香气成分进行了提取, 并用 GC-MS 进行分析比较。共鉴定出山茱萸利口酒中 63 种香气成分, 其中醇类、酯类、酸类分别为 15, 22, 12 种, 占利口酒香气成分总量的 56.12%, 13.61%, 27.66%。含量较高的有: 3-甲氧基-4-羟基肉桂酸、丁二酸单乙酯、2, 3-丁二醇、2-苯乙醇、3-甲基-1-丁醇、乙酸、辛酸乙酯、辛酸等。结果表明两种萃取技术结合使用, 能更加全面地反映山茱萸利口酒香气成分的组成。

关键词: 山茱萸利口酒; 香气成分; 溶剂萃取; 固相微萃取; 气质联用分析

中图分类号: O 659.21

文献标识码: A

Analysis of Aroma Components in Liqueur from *Cornus officinalis* Sieb. et Zucc

HU Jin-guang¹, LIU Yan-lin^{*1,2}

(1. College of Enology, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 2. Shaanxi Engineering Research Center for Viti-Viniculture, Yangling 712100, China)

Abstract: In order to expand the industrial application of *Cornus officinalis* sieb. et Zucc, a high nutritional and medicinal food, the chemical constituents of aroma in Liqueur from *Cornus* were extracted by Solvent Extraction(SE) and Solid Phase Micro Extraction(SPME) and then analyzed by GC-MS in this manuscript. Sixty-three compounds were identified and account for 91.3% of the total area of the peaks. The principal constituents of aroma were 3-(4-Hydroxy-3-methoxyphenyl) acrylic acid, Butanedioic acid monoethyl ester, 2, 3-Butanediol, Benzeneethanol, 3-Methyl butanol, Acetic acid, Ethyl caprylate, Octanoic acid, etc. The result reveals the fact that it is more effective to extract relative aroma components from beverage by combination SE and SPME.

Key words: liqueur from *Cornus officinalis* sieb. et Zucc, aroma component, solvent extraction (SE), solid phase micro extraction(SPME), GC-MS

收稿日期: 2008-07-29

基金项目: 西北农林科技大学青年骨干支持计划项目(01140301)。

* 通讯作者: 刘延琳(1966-), 女, 陕西富县人, 农学博士, 教授, 博士生导师, 主要从事葡萄酒及酿酒微生物研究。

Email: lylsun@yahoo.com.cn

山茱萸(*Cornus officinalis* Sieb. et Zucc.)为山茱萸科山茱萸属植物,果实酷似枸杞。临床上习惯以其成熟果实去核后入药,具有补益肝肾、涩精固脱之功效^[1-2]。国外山茱萸研究报道较少,但其中保健食品的研究却占有较大比例^[3]。山茱萸在我国主要以果肉直接入药,加强对其营养补品、保健饮料等系列产品研究与开发,改变目前仅能出口原料这一落后局面已成为当务之急^[4]。

利口酒具有一定的保健功能,影响利口酒质量的关键性因素之一是香气成分,对香气成分的研究有利于更好地对其品质进行评价和改进利口酒酿造工艺。目前香气研究中主要采用的方法有溶剂萃取法、静态顶空技术、直接进样、固相萃取和固相微萃取等。这些方法中溶剂萃取(Solvent Extraction, SE)技术是最为传统的方法,而固相微萃取(Solid Phase Micro Extraction, SPME)技术是20世纪90年代以来发展起来的一种样品处理方法。SPME技术操作简单、快速、费用低,已经广泛应用于果酒中挥发性和半挥发性成分的分析^[5-7]。

目前关于山茱萸利口酒的研究很少。作者采用溶剂萃取技术和固相微萃取技术对山茱萸利口酒中的香气成分进行了提取,利用GC/MS进行检测,分析山茱萸利口酒的香气成分,为我国山茱萸产业的发展及果品的深加工综合利用提供一定的依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

果实为成熟山茱萸鲜果,于2007年10月采自陕西省太白县桃川乡。

1.2 试验仪器与试剂

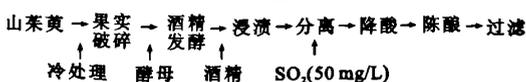
Thermo Finnigan TRACE DSQ 气质联用仪:美国 Thermo 公司产品;DB-Wax 30 m×0.25 mm×0.25 μm 色谱柱;固相微萃取装置,SPME 手动进样手柄及 PA 萃取头,85 μm;北京康林科技有限公司产品;旋转蒸发器:上海申生科技有限公司产品。

二氯甲烷,无水硫酸钠,2-辛醇,氯化钠:AR,西安化学试剂厂产品。

1.3 试验方法

1.3.1 山茱萸利口酒的酿造

1) 山茱萸利口酒的工艺流程^[8-9]



2) 山茱萸利口酒的操作要点

冷处理:山茱萸果实破碎前进行冷处理 24 h(2℃);果实破碎:破碎时不去果核,破碎率达 90%以上,添加果胶酶(30 mg/L)。酒精发酵:添加活性干酵母(200 mg/L,用 10 倍 40℃的糖水活化 30 min),启动酒精发酵,发酵温度控制在 25℃左右;酒精添加:当发酵液中乙醇体积分数达到 3%~5%时添加体积分数 50%的乙醇,添加量依据为成品酒中乙醇体积分数 18%~20%,按下列公式计算:

$$\text{乙醇体积(L)} = \frac{\text{配酒总量(L)} \times \text{成品酒中乙醇体积分数}(\%)}{\text{乙醇体积分数}(\%)}$$

浸渍:暗室中常温浸渍,浸渍时间 30 d 左右。

1.3.2 香气的提取

1) 溶剂萃取法(SE):取山茱萸利口酒 100 mL 置于 250 mL 分液漏斗中,加入氯化钠 5 g,3 μL 2-辛醇(0.789 mg/L),用 80、50、30 mL 二氯甲烷萃取 3 次。合并有机相,无水硫酸钠干燥,KD 浓缩仪在 30℃下浓缩至 1 mL,冷藏备用^[10]。

2) 固相微萃取法(SPME):取山茱萸利口酒 10 mL 于顶空瓶中,加入氯化钠 2 g,3 μL 2-辛醇(0.789 mg/L),加盖封口并于常温下搅拌子搅拌平衡 10 min。将老化(经过 250℃下老化 2 h)后的 PA 萃取头,穿过封垫置于顶空瓶的上部顶空处,推出纤维头,室温下超声波萃取 30 min。去除纤维头,插入设置好条件的 GC/MS 进样口,250℃条件下解吸 2.5 min^[11-12]。

1.3.3 香气的 GC-MS 分析 Thermo Finnigan TRACE DSQ 气质联用仪,DB-Wax 30 m×0.25 mm×0.25 μm 色谱柱。进样口温度为 250℃,柱温箱起始温度 40℃,保留时间 1.5 min,以 6℃/min 升至 220℃,保留 5 min;载气 He,体积流量 1 mL/min;不分流进样 1 min,分流比 10:1。

质谱条件:电离方式 EI,电离电压 70 eV,离子源温度 250℃,连接杆温度 220℃。扫描范围:33~450。

1.4 数据处理方法

定性分析:利口酒香气成分经气相色谱分离形成其各自的色谱峰,用 GC-MS 联用仪进行分析鉴定。各组分质谱经计算机谱库(NIST/WILEY)检索及资料分析,再结合有关文献进行人工谱图解析,确认香味物质的各个化学成分。

定量分析:采用 2-辛醇为内标化合物(保留时间 12.88 min)进行半定量分析(校正因子为 1^[13-14]),计算待测组分的含量。每个样品做 3 次重复,计算出平均值。计算公式如下:(式中 f 为各组

分对内标物的校正因子)

$$\text{挥发油各组分质量分数(mg/kg)} = \frac{\text{各组分的峰面积}}{\text{内标物的峰面积}} \times \frac{\text{内标物质量浓度(mg/L)} \times \text{内标物体积}(\mu\text{L}) \times f}{\text{样品质量(kg)}}$$

2 结果与分析

按上述分析条件对香气成分进行 GC-MS 分析,所得总离子流图如图 1、图 2 所示,其化学组分及半定量分析结果见表 1。

由表 1 可知,两种方法提取的山茱萸利口酒香气物质,经色谱分离可以得到 69 个峰,对其质谱图的进一步解析及内标法半定量分析,可以鉴定出其中 63 种香气物质,占色谱峰总流出峰面积的 91.3%。其中醇类物质 15 种,占香气总量的 56.12%;酯类物质 22 种,占香气总量的 13.61%;羧酸类物质 12 种,占香气总量的 27.66%;醛类物质 3 种,占香气总量的 0.58%;酮类物质 4 种,占香气总量的 0.61%;杂环类及其它物质 7 种,占香气总量的 1.42%。

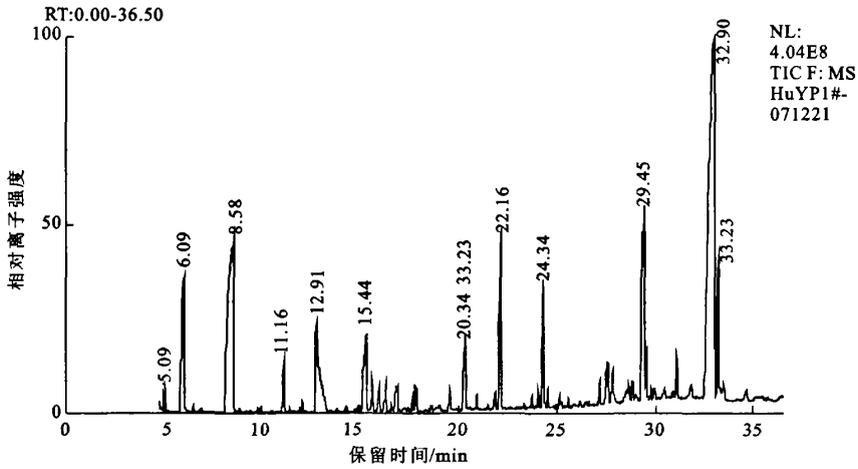


图 1 溶剂萃取法提取山茱萸利口酒香气的总离子流图

Fig. 1 Total ion chromatogram of aroma components in Liqueur from *Cornus Officinalis* by SE

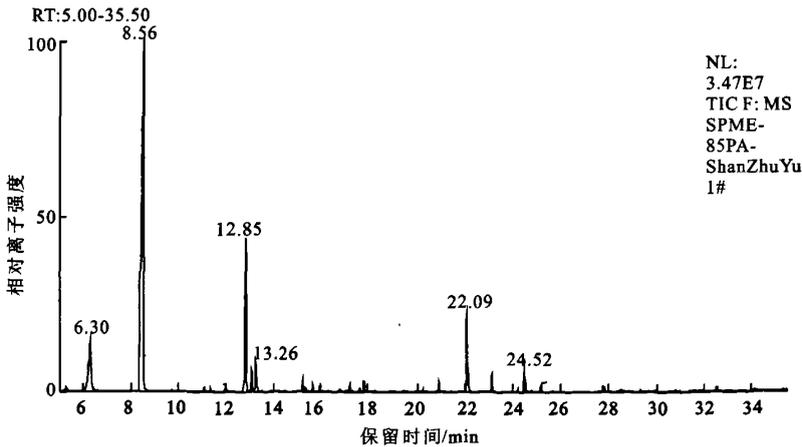


图 2 固相微萃取法提取山茱萸利口酒香气的总离子流图

Fig. 2 Total ion chromatogram of aroma components in Liqueur from *Cornus Officinalis* by SPME

表1 溶剂萃取与固相微萃取法提取山茱萸利口酒香气成分分析结果

Tab. 1 Analysis results of constituents of aroma in Liqueur from *Cornus Officinalis* by SE and SPME

种类	化合物名称	分子式	质量分数/(mg/kg)		
			液液萃取 SE	固相微萃取 SPME	
醇类	1-丙醇 1-Propanol	C ₃ H ₈ O	0.196	0.108	
	2-甲基-1-丙醇 2-Methyl-1-propanol(Isobutyl alcohol)	C ₄ H ₁₀ O	2.241	1.674	
	3-甲硫基丙醇 3-Methylthio-1-propanol	C ₄ H ₁₀ OS	0.042		
	3-乙氧基-1-丙醇 3-Ethoxy-1-propanol	C ₅ H ₁₂ O ₂	0.038		
	3-甲基-1-丁醇 3-Methyl-1-butanol	C ₅ H ₁₂ O		11.15	
	1-己醇 1-Hexanol	C ₆ H ₁₄ O	0.027	0.045	
	3-己烯-1-醇 3-Hexen-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	0.062	0.087	
	2-(甲硫基)乙醇 Hydroxyethyl methyl sulfide	C ₃ H ₈ SO	0.015		
	2-辛醇 2-Octanol	C ₈ H ₁₈ O	2.376	2.376	
	正丁醇 1-Butanol	C ₄ H ₁₀ O	0.019	0.023	
	芳樟醇 3,7-Dimethyl-1,6-octadien-3-ol(Linalool)	C ₁₀ H ₁₈ O		0.034	
	氧化芳樟醇 Linalool oxide	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	0.038		
	2,3-丁二醇 (2S,3S)-(+) -2,3-Butanediol	C ₄ H ₁₀ O ₂	1.292	0.159	
	松油醇 p-Menth-1-en-8-ol	C ₁₀ H ₁₈ O		0.016	
	2-苯乙醇 Benzeneethanol(Phenylethyl Alcohol)	C ₈ H ₁₀ O	1.753	1.198	
	月桂醇 1-Dodecanol	C ₁₂ H ₂₆ O		0.266	
	酯类	丙醇酸乙酯 2-Hydroxy propanoic acid, ethyl ester	C ₅ H ₁₀ O ₃	0.373	0.057
		辛酸乙酯 Ethyl caprylate	C ₁₀ H ₂₀ O ₂		0.355
		丁二酸一甲酯 Butanedioic acid, monomethyl ester	C ₅ H ₈ O ₄	0.138	
		4-羟基丁酸甲酯 Methyl 4-hydroxybutanoate	C ₅ H ₁₀ O ₃	0.192	
2-甲基丁酸乙酯 Ethyl 2-methylbutyrate		C ₇ H ₁₄ O ₂	0.792		
D-葡萄糖醛酸内酯 D-Glucuronolactone		C ₆ H ₈ O ₆	0.246		
5-氧基四氢-2-咪喃羧酸乙酯 Ethyl 5-oxotetrahydro-2-furancarboxylate		C ₇ H ₁₀ O ₄	0.177		
二乙氧基甲基醋酸酯 Diethoxymethyl acetate		C ₇ H ₁₄ O ₄	0.081		
甲酸庚酯 Heptyl formate		C ₈ H ₁₆ O ₂		0.018	
己酸乙酯 Hexanoic acid, ethyl ester		C ₈ H ₁₆ O ₂	0.038		
丙氧基丁二酸二甲酯 Dimethyl 2-propoxysuccinate		C ₉ H ₁₆ O ₅	0.085		
2,4-二羟基-3,5,6-三甲苯甲酸甲酯 Methyl 2,4-dihydroxy-3,5,6-trimethylbenzoate		C ₁₁ H ₁₄ O ₄	0.235		
癸酸乙酯 Decanoic acid acid, ethyl ester		C ₁₂ H ₂₄ O ₂		0.110	
丁二酸二乙酯 Diethyl succinate		C ₈ H ₁₄ O ₄	0.192	0.139	
醋酸苯乙酯 Phenethyl Acetate		C ₁₀ H ₁₂ O ₂		0.019	
羟基丁二酸二乙酯 Butanedioic acid, ydroxyl, diethyl ester		C ₈ H ₁₄ O ₅	1.357	0.037	
丁二酸单乙酯 Butanedioic acid, monoethyl ester		C ₆ H ₁₀ O ₄	3.187	0.022	
1,2-丙二醇二乙酸酯 1,2-Propanediol, diacetate		C ₇ H ₁₂ O ₄	0.081		
DL-泛酰内酯 Dihydro-3-hydroxy-4,4-dimethyl-2(3H)-furanone		C ₆ H ₁₀ O ₃	0.192		
亚麻酸乙酯 Linolenic acid, ethyl ester		C ₂₀ H ₃₄ O ₂		0.061	
邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate		C ₁₆ H ₂₂ O ₄		0.029	
丙醇酸甲酯 2-Hydroxy propanoic acid, methyl ester		C ₄ H ₈ O ₃	0.027		

续表 2

种类	化合物名称	分子式	质量分数/(mg/kg)	
			液液萃取 SE	固相微萃取 SPME
羧酸类	乙酸 Acetic acid	C ₂ H ₄ O ₂		0.615
	丙酸 Propanoic acid	C ₃ H ₆ O ₂	0.038	
	异丁酸 2-Methyl propanoic acid	C ₄ H ₈ O ₂	0.269	0.073
	丁酸 Butanoic acid	C ₄ H ₈ O ₂	0.158	0.051
	2-甲基己酸 2-Methylcaproic acid	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.073	0.077
	烯丙基环丙甲酸 Allylcyclopropanecarboxylic acid	C ₇ H ₁₀ O ₂	0.049	
	己酸 Hexanoic acid	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.112	0.138
	辛酸 Octanoic acid	C ₈ H ₁₆ O ₂	0.127	0.319
	2,5-二甲氧基苯丙酸 2,5-Dimethoxy Benzenepropanoic acid	C ₁₁ H ₁₄ O ₄	0.527	
	3-甲氧基-4-羟基肉桂酸 3-(4-Hydroxy-3-methoxyphenyl) acrylic acid	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	12.91	
	油酸 Oleic acid	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1.311	0.024
	癸酸 Decanoic acid	C ₁₀ H ₂₀ O ₂		0.088
	醛类	苯甲醛 Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	0.023
香草醛 4-Hydroxy-3-methoxy benzaldehyde		C ₈ H ₈ O ₃	0.257	
葵醛 Decanal		C ₁₀ H ₂₀ O		0.059
酮类	二氢-2(3H)-咪喃酮	C ₄ H ₆ O ₂	0.165	
Ketones	3-羟基-2-丁酮	C ₄ H ₈ O ₂	0.049	
	3-戊烯-2-酮	C ₅ H ₈ O	0.046	
	十七烯-2,5,8-三酮 16-Heptadecene-2,5,8-trione	C ₁₇ H ₂₈ O ₃	0.135	
杂环及其它	噻唑 Thiazole	C ₃ H ₃ NS		0.095
	二氢噻吩 2,3-Dihydrothiophene	C ₄ H ₆ S	0.257	
	2-羟基吡啶 Pyridine,2-hydroxy	C ₅ H ₅ ON	0.033	
	4-甲基联苯 Biphenyl-4-methyl	C ₁₅ H ₁₈		0.037
	7-1-甲氧代-2,2,4,8-四甲基三环十一烷 7-Methoxy-2,2,4,8-tetramethyltricyclo undecane	C ₁₆ H ₂₈ O		0.106
	1,1-二乙氧基丙烷 1,1-Diethoxypropane	C ₇ H ₁₆ O ₂	0.049	
二甲砜 Dimethyl sulfone	C ₂ H ₆ O ₂ S	0.185		

溶剂萃取法提取的山茱萸利口酒香气物质共 48 种,提取的香气总质量分数为 32.265 mg/kg。其中醇类 12 种,酯类 16 种,羧酸类 10 种,醛类 2 种,酮类 4 种,杂环类及其它 4 种,质量分数较高的有 3-甲氧基-4-羟基肉桂酸(12.91 mg/kg)、丁二酸单乙酯(3.187 mg/kg)、2-甲基-1-丙醇(2.241 mg/kg)、2-苯乙醇(1.753 mg/kg)、羟基丁二酸二乙酯(1.357 mg/kg)、2,3-丁二醇(1.292 mg/kg)等。

固相微萃取法提取的山茱萸利口酒香气物质共 34 种,提取的香气总质量分数为 19.665 mg/kg。

其中醇类 12 种,酯类 10 种,羧酸类 8 种,醛类 2 种,杂环类及其它 3 种,质量分数较高的有 3-甲基-1-丁醇(11.15 mg/kg)、2-甲基-1-丙醇(1.674 mg/kg)、2-苯乙醇(1.199 mg/kg)、乙酸(0.615 mg/kg)、辛酸乙酯(0.355 mg/kg)、辛酸(0.319 mg/kg)等。

3 讨论与结论

1) 关于香气成分萃取方法 溶剂萃取法的设备简便可行,作为传统的食品香气提取方法应用广泛,一般的实验条件都能进行,能较真实的反映所

抽提对象的香气组成,并对一些挥发性相对较低的羧酸类香气物质提取效果明显。但其操作过程中需要大量的有机溶剂,且一些微量的香气成分会在溶剂的浓缩过程中损失掉^[7]。采用固相微萃取技术对香气成分进行预处理,与溶剂萃取技术相比,具有简便、样品处理时间短,样品操作需求量少,无溶剂处理和绿色环保等优点。该技术在一个简单过程中同时完成了取样、萃取和富集,灵敏度很高,对液体样品中微量香气成分的萃取方面有重要贡献。对一些含量低的、萃取头吸附力不强的物质的检测效果则可能不佳^[11]。综上所述,作者将两种萃取技术结合使用,能更加全面、真实的反映山茱萸利口酒香气成分的组成。

2) 山茱萸利口酒香气成分的确定 作者应用溶剂萃取法与固相微萃取法,首次提取了山茱萸利口酒香气化学成分,用GC-MS法分离分析组分,并依据内标物2-辛醇用半定量法计算香气成分含量,共分离鉴定出63种香气成分。其中醇类物质15种,构成山茱萸利口酒的主要香气成分,其中具有典型性的有:苯乙醇(玫瑰香、紫罗兰香等多样风味),芳樟醇(玫瑰香葡萄的特征香气成分),松油醇(丁香味、辛辣味),月桂醇(合成香料原料);酯类物质22种,分别来源于山茱萸果实、利口酒的酿造及浸渍过程中,其中具有典型性的有:辛酸乙酯(类似

白兰地香气),2-甲基丁酸乙酯(类似苹果的水果香气),己酸乙酯(天然香料),醋酸苯乙酯(类似玫瑰,带有蜜饯底香的花香香气),癸酸乙酯(椰子香气);羧酸类物质12种,多来源于山茱萸果实,对利口酒的口感和风味产生独特的影响,其中具有典型性的有:己酸(烧烤味道、蜂蜜味),辛酸(果味、焦糖味、香水味等多种风味);醛类、酮类物质共7种,使酒的各种香气趋于平衡、融合、协调,其中具有典型性的有:苯甲醛(苦杏仁味),香草醛(天然香料),葵醛(油脂气味、甜橙气味),3-羟基-2-丁酮(牛奶香气),3-戊烯-2-酮(水果香气)。当然山茱萸利口酒香气的感官特征由香气成分的种类、数量、感官阈值及各成分间的相互协调作用决定,香气组分分析与感官分析相结合对山茱萸利口酒质量评价更有重要意义^[15-17]。

山茱萸利口酒是经过酒精发酵、酒精浸渍后的含较高药用价值的饮料。作者用两种萃取方法确定了山茱萸利口酒中的主要香气成分。山茱萸利口酒特殊的酿造工艺必定产生特殊的风味,具有独特的口感。生产中除了研究利口酒中特殊香气成分外,还需要对其香气成分的相互作用和形成的机理进行研究,这对改进酿造工艺、生产出特殊风格的利口酒酒种有重要的意义。这仍有待于进一步深入研究。

参考文献(References):

- [1] 杨剑芳,路福平,高文远,等. 山茱萸的化学、药理及开发应用研究进展[J]. 现代生物医学进展, 2006,6(12): 127-133.
YANG Jian-fang, LU Fu-pin, GAO Wen-yuan, et al. Research and development of chemical compositions and pharmacology of *Cornus Officinalis*[J]. *Progress in Modern Biomedicine*, 2006, 6(12): 127-133. (in Chinese)
- [2] 王晓亚,张慧芳. 山茱萸炮制的历史沿革及探讨[J]. 浙江中医学院学报, 2006,30(1): 98.
WANG Xiao-ya, ZHANG Hui-fang. Exploration and historical evolution of dogwood fruit preparation[J]. *Journal of Zhejiang University of Traditional Chinese Medicine*, 2006, 30(1): 98. (in Chinese)
- [3] 王勇亮. 山茱萸保健功能及其加工技术研究现状[J]. 食品工业, 2006,1(3): 10-13.
WANG Yong-liang. The health function of cornus and its present situation of technology[J]. *Food Engineering*, 2006, 1(3): 10-13. (in Chinese)
- [4] 张兰桐,袁志芳,杜英峰,等. 山茱萸的研究近况及开发前景[J]. 中草药, 2004,35(8): 952-955.
ZHANG Lan-tong, YUAN Zhi-fang, DU Ying-feng, et al. Recent development and prospect of *Cornus Officinalis*[J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2004,35(8): 952-955. (in Chinese)
- [5] Serkan Selli, Turgut Cabaroglu. Effect of contact on the aroma composition of the musts of *Vitis vinifera* L. cv. Muscat of Bornova and Narince grown in Turkey[J]. *Food Chemistry*, 2003, 81: 341-347.
- [6] 李记明,贺普超. 中国野生毛葡萄酒的香味成分分析[J]. 西北植物学报, 2003, 23(1): 134-137.
LI Ji-ming, HE Pu-chao. Flavour components of wines from *Vitis quinquangularis*[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23(1): 134-137. (in Chinese)
- [7] 李华,陶永胜,康文怀,等. 葡萄酒香气成分的气相色谱分析研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 1: 99-102.

- LI Hua, TAO Yong-sheng, KANG Wen-huai, et al. Wine aroma analytical investigation progress on GC [J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2006, 1: 99-102. (in Chinese)
- [8] 彭帮柱, 岳田利, 袁亚宏, 等. 猕猴桃酒酿造工艺参数优化及香气成分分析[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(2): 229-232.
- YUAN Bang-zhu, YUE Tian-li, YUAN Ya-hong, et al. Optimization of technology for kiwiwine making and analysis of aroma components[J]. *Transactions of the CSAE*, 2007, 23(2): 229-232. (in Chinese)
- [9] 李华, 王华, 袁春龙, 等. 葡萄酒工艺学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [10] 增新安, 张本山, 于淑娟. 豉香型米酒特征香气成分研究[J]. *华南理工大学学报:自然科学版*, 2001, 29(12): 93-95.
- ZHEN Xin-an, ZHANG Ben-shan, YU Shu-juan. A study on the typical fragrance components of Chi-Xiang style rice wine[J]. *Journal of South China University of Technology: Natural Science Edition*, 2001, 29(12): 93-95. (in Chinese)
- [11] 陶永胜, 李华, 王华. 葡萄酒香气成分固相微萃取条件的优化[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2007, 35(12): 181-185.
- TAO Yong-sheng, LI hua, WANG hua. Optimization of wine aroma analysis by solid-phase microextraction[J]. *Journal of Northwest of Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition*, 2007, 35(12): 181-185. (in Chinese)
- [12] 张影陆, 范文来, 姜文广, 等. 4种果酒中的挥发性成分分析比较[J]. *食品与生物技术学报*, 2008, 27(5): 103-107.
- ZHANG Ying, FAN Wen, JIANG Wen-guan, et al. Comparison of volatile compounds in four fruit wines using head-space solid phase microextraction (HS-SPME) followed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) [J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2008, 27(5): 103-107. (in Chinese)
- [13] Mark W K, James A W, Benz M. Trellis and vine spacing effect on growth, canopy microclimate, yield and fruit composition of Cabernet Sauvignon[J]. *Acta Horticulture*, 2000, 526: 21-32.
- [14] Hugo Merle, Mercedes Verdeguer, Amparo Blazquez. Chemical composition of the essential oils from *Eriocephalus africanus* L. var. *africanus* populations growing in Spain[J]. *Flavour and Fragrance Journal*, 2007, 22: 461-464.
- [15] Baby Sabulal, Mathew Dan, Anil John. Phenylbutanoid-rich rhizome oil of *Zingiber neesatum* from Western Ghats, southern India[J]. *Flavour and Fragrance Journal*, 2007, 22: 521-524.
- [16] 李二虎, 惠竹梅, 张振文, 等. 8804果实和干红葡萄酒香气成分的GC/MS分析[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2007, 35(6): 83-88.
- LI Er-hu, XI Zhu-mei, ZHANG Zhen-wen, et al. Analysis of aroma components in the grape and dry red wine of 8804 by GC/MS[J]. *Journal of Northwest of Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition*, 2007, 35(6): 83-88. (in Chinese)
- [17] 陈美霞, 陈学森, 周杰, 等. 杏果实不同发育阶段的香味组分及其变化[J]. *中国农业科学*, 2005, 38(6): 1244-1249.
- CHEN Mei-xia, CHEN Xue-sen, ZHOU Jie, et al. Changes of aroma constituents in apricot during fruit development[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(6): 1244-1249. (in Chinese)

(责任编辑:朱明)