

8804 果实和干红葡萄酒香气成分的 GC/MS 分析

李二虎,惠竹梅,张振文,张莉,曹建宏

(西北农林科技大学 葡萄酒学院,陕西 杨凌 712100)

[摘要] 为进一步明确 8804 新品系果实和干红葡萄酒的香气特点,采用液-液萃取法提取 8804 葡萄果实和干红葡萄酒中的香气成分,应用色谱面积归一法测定各成分的相对含量。结果表明,8804 葡萄果实中共鉴定出 29 种挥发性化合物,相对含量排在前 5 位的分别为邻苯二甲酸二丁酯(17.77%)、邻苯二甲酸二异辛酯(8.25%)、2-呋喃甲醛(7.10%)、2,6-二甲基-3,7-辛二烯-2,6-二醇(5.53%)、油酸(4.50%);干红葡萄酒中共鉴定出 31 种挥发性化合物,相对含量排在前 5 位的分别为苯乙醇(26.78%)、2-甲基-四氢噻吩(12.04%)、辛酸乙酯(7.02%)、1,3-丁二醇(5.20%)、己酸乙酯(4.55%)。

[关键词] 葡萄果实;干红葡萄酒;香气成分;GC/MS 分析

[中图分类号] TS262.6

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)06-0083-06

Analysis of aroma components in the grape and dry red wine of 8804 by GC/MS

LI Er-hu, XI Zhu-mei, ZHANG Zhen-wen, ZHANG Li, CAO Jian-hong

(College of Enology, Northwest A & F University, Yangling, Shannxi 712100, China)

Abstract: Aroma components in 8804 fruit and dry red wine were extracted by solvent extraction and analyzed by GC/MS. Their relative contents were determined by area normalization. Results showed 29 kinds of aroma components were identified in the grape. According to the relative content, the first five components were dibutyl phthalate(17.77%); 1,2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester(8.25%); 2-furaldehyde(7.10%); 3,7-Octadiene-2,6-diol, 2,6-dimethyl-(5.53%) and oleic acid(4.50%), respectively; 31 kinds of aroma components were identified in the dry red wine, and the first five components of wine were Phenylethyl Alcohol(26.78%); Thiophene, tetrahydro-2-methyl-(12.04%); Octanoic acid, ethyl ester(7.02%); 1,3-Butanediol(5.20%); Hexanoic acid, ethyl ester(4.55%), respectively.

Key words: grape; dry red wine; aroma component; GC/MS analysis

葡萄酒中的香气成分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]。而葡萄酒的香气主要取决于葡萄品种的香气,因此对葡萄品种香气成分进行鉴定,对于葡萄品种和葡萄酒质量的科学评价非常重要^[2]。葡萄酒的香味首先来源于葡萄浆果中的芳香物质,其与气候、土壤等自然因素相适应,成为某一品种葡萄酒的香气特征^[3-4]。目前,已从不同葡萄品种中检测出 500 余种香味成分^[5],但在我国

还未形成利用芳香成分作为评价葡萄酒质量的系统。随着科学技术的进一步发展,香气成分鉴定技术更加趋于成熟,利用芳香成分作为葡萄酒品质的评价将成为葡萄酒评价系统的一个重要组成部分^[6]。

8804 是由西北农林科技大学葡萄酒学院于 1982~1988 年采用“欧亚种内轮回选择法”选育而成的一个葡萄新品系^[7]。张振文等^[8]研究认为,该品系对霜霉病、黑痘病的抗性极强,对白粉病的抗性

†收稿日期 2006-07-21

[作者简介] 李二虎(1982-),男,陕西丹凤人,在读硕士,主要从事酿酒原料资源研究。

[通讯作者] 张振文(1960-),男,陕西耀县人,教授,博士生导师,主要从事葡萄与葡萄酒研究。E-mail: Zhangzhw60@163.com

强,抗寒性强,果实品质优良,适于酿造果香浓郁、新鲜、轻质的干红葡萄酒,亦可加工桃红葡萄酒。感观分析研究认为^[7],8804 干红葡萄酒呈宝石红色、澄清晶亮,具有浓郁的玫瑰香味及优雅的花香、果香,口味醇和,酒体平衡,结构感强,是酿造干红葡萄酒的优良新品系。目前,对 8804 葡萄果实和干红葡萄酒香气成分尚未进行测定。为此,本研究利用气相色谱-质谱联用仪对 8804 葡萄果实和干红葡萄酒的香气成分进行测定,以期进一步确定该品系的香气特点,为其品种鉴定及酿酒工艺选择提供参考。

表 1 8804 葡萄果实和干红葡萄酒的理化指标

Table 1 Index of 8804 fruit and wine

材料 Material	还原糖/(g·L ⁻¹) Reducing sugar	总酸/(g·L ⁻¹) Total acid	pH	总酚/(mg·L ⁻¹) Total phenol	酒精度/ (mL·L ⁻¹) Alcohol	挥发酸/ (g·L ⁻¹) Volatile acid
葡萄果实 Grape	173.5	5.4	3.20	410.8		
干红葡萄酒 Wine	1.4	7.1	4.10	374.4	113	0.36

注:总酸以酒石酸计,挥发酸以乙酸计。

Note: Total acid was analyzed as tartaric acid and volatile acid as acetic acid.

1.2 试验方法

1.2.1 葡萄果实香气的提取 采摘标记的葡萄浆果 2.5 kg,经过除梗、破碎后,加入 SO₂ (150 mg/L),带皮浸渍 48 h。取汁后经 1 000 r/min 离心,去除沉淀,取清汁 100 mL,依次用 100,50 和 50 mL 二氯甲烷萃取,合并有机相,浓缩至 5 mL,然后用无水硫酸钠脱水,浓缩至 1 mL,供 GC/MS 上机分析^[10]。

1.2.2 干红葡萄酒香气的提取 取 100 mL 酒样,依次用 100,50 和 50 mL 二氯甲烷萃取,合并有机相,浓缩至 5 mL,然后用无水硫酸钠脱水,浓缩至 1 mL,供 GC/MS 上机分析。

1.2.3 GC/MS 分析条件 GC/MS 检测在西北农林科技大学葡萄酒学院色谱室进行。选用美国 Thermo Finnigan 公司生产的 TRACE DSQ 型气相色谱-质谱联用仪,RtxR-5MS 15 m×0.25 mm×0.25 μm 色谱柱。

色谱条件:进样口温度为 250 °C,柱温箱起始温度 60 °C,保留时间 2.0 min,以 8 °C/min 升温至 180 °C,然后以 5 °C/min 升温至 240 °C,保留 15 min;载气 He,流速 1 mL/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 °C,连接杆温度 280 °C。

2 结果与分析

8804 葡萄果实与干红葡萄酒的气相色谱-质谱(GC/MS)总离子图见图 1,2,其中各个组分经 NIST02 版本谱库检索及资料分析,检出的挥发性化

1 材料与方法

1.1 试验材料

8804 葡萄成熟果实采自陕西省杨凌区杨村乡半个城村葡萄园。该园于 2000 年定植,试验地土壤为土娄土,土质肥沃,株行距 1.3 m×2.0 m,单干双臂整形,中、短稍修剪,正常田间管理。果实于 2005-08 采收,采用西北农林科技大学葡萄酒学院“干红葡萄酒小容器酿造工艺”^[9]进行酿制。葡萄果实及干红葡萄酒的基本理化指标见表 1。

物如表 2 所示。由表 2 可知,从 8804 葡萄果实中共鉴定出 29 种挥发性化合物,包括 7 种酯(33.25%)、5 种醇(14.42%)、5 种羧酸(8.94%)、4 种烷烃(7.49%)、3 种苯环类(4.97%)、3 种杂环类(2.86%)、2 种醛(11.35%),相对含量排在前 10 位的化合物依次为:邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二异辛酯、2-呋喃甲醛、2,6-二甲基-3,7-辛二烯-2,6-二醇、油酸、苯乙醛、1,3-丁二醇、十六酸乙酯、十八酸、对二甲苯。从 8804 干红葡萄酒中共鉴定出 31 种挥发性化合物,包括 10 种酯(22.81%)、7 种醇(45.76%)、5 种羧酸(3.53%)、3 种杂环类(16.9%)、2 种醛(0.56%)、2 种烷烃(1.58%)、2 种苯环类(2.19%),相对含量排在前 10 位的依次为:苯乙醇、2-甲基-四氢噻吩、辛酸乙酯、1,3-丁二醇、己酸乙酯、5-(环己基甲基)-2-吡咯烷酮、4-羟基-苯乙醇、1,6-二脱氧-己六醇、癸酸乙酯、正戊醇。8804 葡萄果实和干红葡萄酒中的香气成分种类和相对含量见图 3。

2.1 酯类化合物

葡萄酒中的酯类主要来源于 3 种途径:存在于葡萄浆果果皮中的构成果香的酯类;在发酵过程中由酵母菌和细菌活动形成的酯类;在贮藏过程中由酯化反应形成的酯类^[11]。8804 葡萄果实中酯类的相对含量为 33.25%,种类为 7 种,主要为高级脂肪酸酯类,而干红葡萄酒中酯类的相对含量为 22.81%,种类为 10 种,主要为低级脂肪酸酯类。说明在葡萄酒发酵过程中,果实中的高级脂肪酸酯类转变为多种低级脂肪酸酯类,从而使葡萄酒中酯的种类多于

果实。其中辛酸乙酯具有花香、果香、香蕉味,己酸乙酯具有果香、青苹果味、香蕉味、白兰地味,癸酸乙

酯具有白兰地味、果香、葡萄香,由其构成了葡萄酒的主要香气特征。

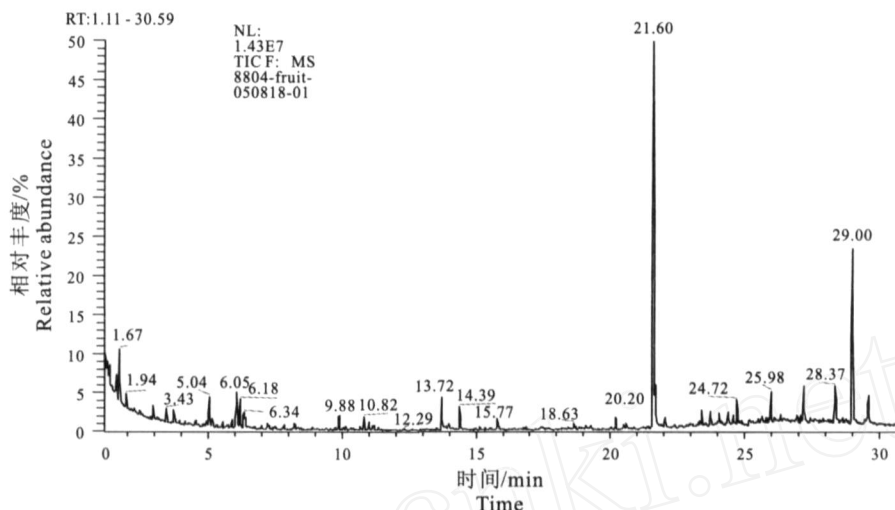


图 1 8804 葡萄果实的 GC/MS 总离子图

Fig. 1 GC/MS total ion chromatogram of aromatic components in the grape of 8804

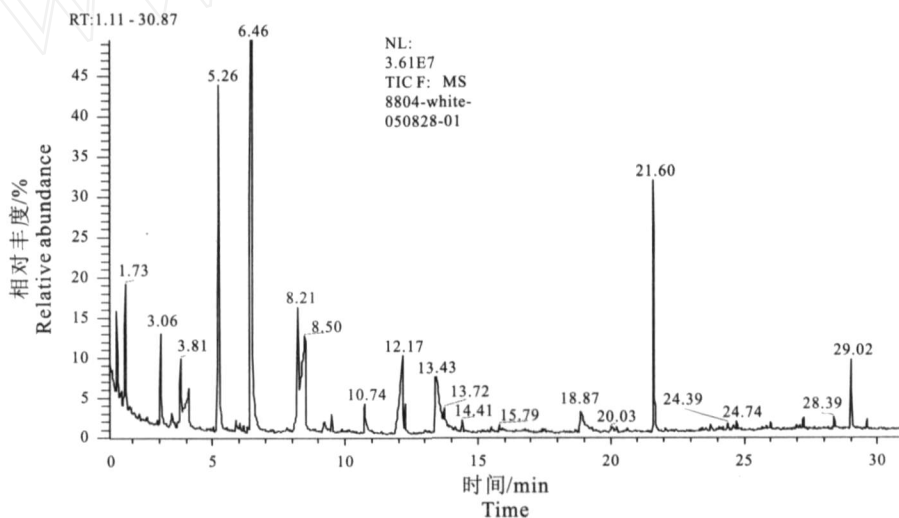


图 2 8804 干红葡萄酒的 GC/MS 总离子图

Fig. 2 GC/MS total ion chromatogram of aromatic components in the red wine of 8804

2.2 醇类化合物

葡萄酒中的醇类主要来源于酒精发酵、氨基酸转化及亚麻酸降解物的氧化^[12]。由图 3 可知,葡萄果实中醇类的相对含量较低(14.42%),种类为 5 种,而干红葡萄酒中的相对含量较高(45.76%),种类为 7 种。说明在酒精发酵过程中,酵母发酵使醇类化合物大量生成,最终构成了葡萄酒主要的香气成分。芳香醇在干红葡萄酒中的总体含量较高,其中苯乙醇相对含量为 26.78%,其具有玫瑰花香味、蜂蜜味^[5],是 8804 干红葡萄酒的主要特征香气组分。

2.3 羧酸类化合物

由图 3 可知,8804 葡萄果实中羧酸类化合物相对含量较高,为 8.94%,以高级脂肪酸为主,干红葡萄酒中羧酸类化合物相对含量较低,为 3.53%,以低级脂肪酸为主,表现出了由葡萄果实到干红葡萄酒的发酵过程中,高级脂肪酸降解转化为低级脂肪酸的特点。

2.4 杂环类化合物

由图 3 可知,与葡萄果实相比,8804 干红葡萄酒中杂环类化合物(主要是噻吩类、吡咯类、呋喃类)相对含量有所升高,由 2.86%升高到 16.9%。干红

葡萄酒中相对含量最高的是 2-甲基-四氢噻吩 (12.04 %) ,该物质具有肉香味^[13] ,对葡萄酒的香气有一定贡献。在干红葡萄酒中检测出的 5-(环己基甲基)-2-吡咯烷酮,相对含量为 4. 21 % ,在加拿大冰白葡萄酒中也检测到该成分^[14] ,其具有较为复杂的风味。

表 2 8804 葡萄果实和干红葡萄酒香气成分的 GC/ MS 分析结果

Table 2 GC/ MS analytical result of aromatic components in the grape and dry red wine of 8804

种类 Type	化合物名称 Component name	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	相对含量/ % Relative Content	
				葡萄果实 Grape	干红葡萄酒 Wine
酯类 Esters	辛酸乙酯 Octanoic acid , ethyl ester	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172	1. 25	7. 02
	己酸乙酯 Hexanoic acid , ethyl ester	C ₈ H ₁₆ O ₂	144		4. 55
	癸酸乙酯 Decanoic acid , ethyl ester	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	200		2. 62
	乙酸 3-甲基-1-丁酯 1-Butanol ,3-methyl- ,acetate	C ₇ H ₁₄ O ₂	130		2. 50
	邻苯二甲酸二异辛酯 Phthalic acid , diisobutyl ester	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	390	8. 25	2. 20
	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	17. 77	1. 59
	对羟基苯乙炔酸乙酯 p- Hydroxycinnamic acid , ethyl ester	C ₁₁ H ₁₂ O ₃	192	0. 61	1. 47
	乙酸 2-苯乙酯 Acetic acid ,2-phenylethyl ester	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164	0. 72	0. 52
	乙酸吲哚-3-乙醇 1H-Indole-3-ethanol ,acetate	C ₁₂ H ₁₃ NO ₂	203		0. 23
	十六酸乙酯 Hexadecanoic acid , ethyl ester	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	3. 42	
	十六酸丁酯 Hexadecanoic acid ,butyl ester	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	312	1. 23	0. 11
醇类 Alcohols	苯乙醇 Phenylethyl alcohol	C ₈ H ₁₀ O	122		26. 78
	1,3-丁二醇 1,3-Butanediol/β-butylene glycol	C ₄ H ₁₀ O ₂	90	3. 54	5. 20
	4-羟基-苯乙醇 Benzeneethanol ,4-hydroxy-	C ₈ H ₁₀ O ₂	138	2. 32	3. 99
	1,6-二脱氧-己六醇 1,6-Dideoxydulcitol	C ₆ H ₁₄ O ₄	150		3. 36
	正戊醇 Amyl alcohol	C ₅ H ₁₂ O	88		2. 51
	3-乙氧基-1-丙醇 1-Propanol ,3-ethoxy	C ₅ H ₁₂ O ₂	104	0. 35	2. 12
	吲哚-3-乙醇 Indole-3-ethanol	C ₁₀ H ₁₁ NO	161	2. 68	1. 80
	2,6-二甲基-3,7-辛二烯-2,6-二醇 3,7-Octadiene-2,6-diol ,2,6-dimethyl-	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	5. 53	
	己酸 Hexanoic acid	C ₆ H ₁₂ O ₂	116		1. 52
	辛酸 Octanoic acid	C ₈ H ₁₆ O ₂	144		0. 80
羧酸类 Acids	丙基丙二酸 Propanedioic acid , propyl	C ₆ H ₁₀ O ₄	146		0. 50
	n-癸酸 n-Decanoic acid	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172	0. 15	0. 46
	3-甲基丁酸 3-methyl butyric acid	C ₅ H ₁₀ O ₂	102		0. 25
	十八酸 Octadecanoic acid	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	3. 10	
	十六酸 Hexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	0. 93	
	油酸 Oleic acid	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	4. 50	
	3,5,5-三甲基己酸 Hexanoic acid ,3,5,5-trimethyl-	C ₉ H ₁₈ O ₂	158	0. 26	
	2-甲基-四氢噻吩 Thiophene ,tetrahydro-2- methyl-	C ₅ H ₁₀ S	102		12. 04
杂环类 Heterocyclic compounds	5-(环己基甲基)-2-吡咯烷酮 2-pyrrolidone-5- (cyclohexylmethyl)	C ₁₁ H ₁₉ ON	181		4. 21
	2,3-二氢-苯并呋喃 Benzofuran ,2,3-dihydro-	C ₈ H ₈ O	120	2. 25	0. 65
	2-羟基吡啶 Pyridine ,2-hydroxy	C ₅ H ₅ ON	95	0. 35	
	2-吡咯烷酮 2-pyrrolidone	C ₆ H ₇ ON	109	0. 26	
	丙烯醛 Acrylic aldehyde	C ₁₂ H ₁₈ O	178		0. 32
醛类 Aldehydes	2-呋喃甲醛 2-furaldehyde	C ₅ H ₄ O ₂	96	7. 10	
	苯乙醛 benzene acetaldehyde	C ₈ H ₈ O	120	4. 25	0. 24
	十六烷 hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	226	0. 83	0. 26
烷烃类 Alkanes	二十七烷 Heptacosane	C ₂₇ H ₅₆	380	2. 49	1. 32
	二十五烷 Pentacosane	C ₂₅ H ₅₂	352	2. 38	
	4,7-二甲基十一烷 Undecane ,4,7-dimethyl-	C ₁₃ H ₂₈	184	1. 79	
苯环类 Alkenes benzene	1-羟基-2-乙酰基-4-甲基苯 1- Hydroxy-2-acetyl-4- methylbenzene	C ₉ H ₁₀ O ₂	150		1. 47
	对二甲苯 p- Xylene	C ₈ H ₁₀	106	2. 73	0. 72
	丁基羟基甲苯 Butylated hydroxytoluene	C ₁₅ H ₂₄ O	220	1. 46	
	乙苯 Ethylbenzene	C ₈ H ₁₀	106	0. 78	

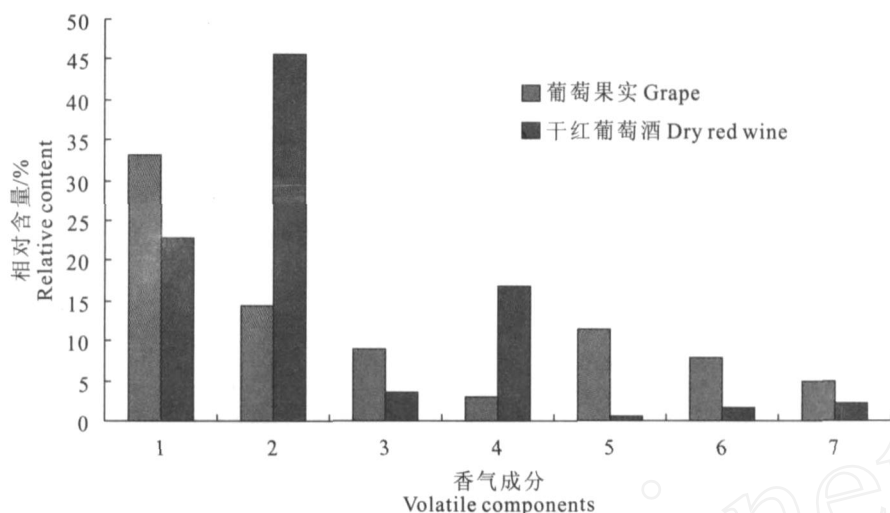


图 3 8804 葡萄果实和干红葡萄酒中的香气成分种类和相对含量

Fig. 3 Volatile components and relative contents in the grape and dry red wine of 8804

2.5 醛类化合物

葡萄果实中检测出 2 种醛类化合物(2-呋喃甲醛、苯乙醛),其相对含量较高(11.35%);干红葡萄酒中也检测出 2 种醛类化合物(丙烯醛、苯乙醛),但其相对含量较低(0.56%)。葡萄果实中醛类化合物 2-呋喃甲醛具有较为强烈的谷物香气和咖啡香气等^[15],而且香味阈值很小,构成了 8804 葡萄果实的特征香气成分。苯乙醛具有杏仁香气,香味阈值很低,是苦杏仁油的主要成分,还原变为苯乙醇,氧化变为苯乙酸,其对酒体香味构成也有一定贡献。

2.6 其他化合物

8804 葡萄果实与干红葡萄酒中均存在少量的烷烃类化合物。果实中检测到 4 种烷烃,相对含量较高,为 7.49%;干红葡萄酒中检测到 2 种烷烃,相对含量较低,为 1.58%。在葡萄果实中检测到 3 种苯环类化合物,相对含量为 4.97%,在干红葡萄酒中也检测到 2 种该类化合物,其相对含量为 2.19%。其他酮类、酚类和醚类化合物在 8804 葡萄果实和干红葡萄酒中均未检测到。

3 结论与讨论

3.1 8804 葡萄果实香气成分与风味特征

葡萄芳香物质分布于葡萄果肉、果皮、叶片、茎等不同部位,而葡萄果皮中的芳香物质多于果肉。合成葡萄香气成分的前体物质是在叶片中形成的,但香气成分的最终合成都是在果实内进行的,并主要存在于果皮中,而其积累是在果实成熟后期进行的^[16]。李记明等^[12]研究发现,葡萄挥发性香气物质不仅有明显的品种差异,而且有典型的年份特征。

目前,已在葡萄果实中检测出挥发性物质 500 多种,主要有 C6 化合物、羰基化合物、酯类、醇类、萜醇类、含氮化合物等。Comez 等^[17]根据果实中的香气成分将欧洲葡萄品种分为玫瑰香型品种、非玫瑰香型品种和非芳香型品种 3 种类型。本试验在 8804 葡萄果实中检测到 29 种香气化合物,其主要成分是酯类、醇类和醛类等,可将其归为非芳香型品种。就单个组分的相对含量来说,邻苯二甲酸二丁酯的相对含量最高(17.77%),这与王贞强^[18]在 Granoir 果实中检测到的结果相一致。Bravdo 等^[19]研究认为,玫瑰香葡萄果实中的香气物质主要是挥发性萜类和其他一些具有挥发性的化合物,萜烯类物质以游离态和结合态两种形式存在,且只有游离态的香气物质才具有气味。本试验在 8804 果实中未检测到萜烯类化合物,这可能与品种、气候、土壤以及栽培管理等因素有关。

3.2 8804 干红葡萄酒香气成分与风味特征

葡萄酒的芳香物质在葡萄酒的风格与质量方面具有重要作用。一般认为,葡萄酒的香气主要来源于品种香、发酵香和陈酿香 3 类。本试验在 8804 干红葡萄酒中检测到 31 种香气成分,其中以醇类、酯类和杂环类化合物为主。Claudia 等^[20]研究认为,苯乙醇具有极强的玫瑰花香,来源于酒精发酵过程中苯丙氨酸的降解,是许多霞多丽、西哈以及勃地葡萄酒新酒的主要香气成分。本试验在 8804 干红葡萄酒中也检测到苯乙醇,而且其相对含量最高,为 26.78%。David 等^[13]在赤霞珠干红葡萄酒中检测到 2-甲基-四氢噻吩,该物质具有肉香味,对葡萄酒的特征香气有很大贡献。本试验在 8804 干红葡萄

酒中也发现了该物质,其相对含量较高,为12.04%。由此可知,苯乙醇和 2-甲基-四氢噻吩很有可能是 8804 干红葡萄酒的主要特征香气。然而,葡萄酒的特征香气不仅取决于香气成分的种类和含量,还与其感觉阈值和相互作用密切相关。此外,特征香气组分的鉴定必须通过人体嗅觉感官分析和化学分析相结合才能完成。本试验只分析了 8804 干红葡萄酒的香气种类及相对含量,有关其具体的特征香气以及形成机理还有待于进一步深入研究。

[参考文献]

- [1] 李 华. 葡萄酒品尝学[M]. 北京:中国青年出版社,1992.
- [2] 李 华. 葡萄酒化学[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [3] Selli S, Cabaroğlu T. Volatile composition of red wine from cv. Karast grown in central Anatolia[J]. Food Chemistry, 2004, 85(2): 207-213.
- [4] Rafael A. Comparative study of aromatic compounds in two young white wines subjected to pre-fermentative cryomaceration[J]. Food Chemistry, 2004, 84(4): 585-590.
- [5] 敏建凯. 气相色谱/质谱研究中国干红葡萄酒香味成分[J]. 分析化学, 2001, 29(4): 492-493.
- [6] 李 华, 王 华, 刘拉平. 爱格丽白葡萄酒香气成分的 GC/MS 分析[J]. 中国农业科学, 2005, 38(6): 1250-1254.
- [7] 张振文. 葡萄品种学[M]. 西安:西安地图出版社, 2000.
- [8] 张振文, 李 华. 酿酒葡萄新品种抗病性研究[J]. 西北农业大学学报, 1997, 25(5): 71-74.
- [9] 李 华. 葡萄酒小容器酿造[C] // 李 华. 葡萄与葡萄酒研究进展——葡萄酒学院年报(2002). 西安:陕西人民出版社, 2002: 97-99.
- [10] 胡博然. 宁夏贺兰山东麓葡萄酒香味物质变化规律的研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学, 2004.
- [11] Gholami M. Biosynthesis of flavour compounds in Muscat Cordon Blanc grape berries[J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 1995, 1: 19-24.
- [12] 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, 26(6): 6-9.
- [13] David E, Block D. Effects of viticultural practices on the aroma of 2000 Napa Valley Cabernet Sauvignon wines [J]. Am J Enol Vitic, 2002, 53: 249-252.
- [14] Cliff M, Yuksei D, Girard B. Characterization of Canadian ice wine by sensory and compositional analyses[J]. Am J Enol Vitic, 2002, 53: 46-53.
- [15] Rapp A. Aroma compounds of wine[J]. Weinwirtschaft Technik, 1997.
- [16] 张振华. 超临界流体萃取葡萄皮精油的影响因素研究[J]. 食品工业, 2004(3): 18-19.
- [17] Comez E, Martinez A. Changes in volatile compounds during maturation of some grape varieties[J]. Sci Food Agric, 1995, 67: 229-233.
- [18] 王贞强. 瑞引酿酒葡萄 Granoir 果实与葡萄酒品质研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学, 2005.
- [19] Bravdo F, Sengupta A. Fast detection of anionic components in sugar and wine samples using a novel device based on capillary zone electrophoresis[J]. Food Chemistry, 2001, 74: 111-118.
- [20] Claudia F, Susanne K, Jeanne L. Analysis of volatile components of Petite Arvine wine[J]. Eur Food Res Technol, 2005, 221: 504-510.

(上接第 82 页)

- [7] 宫长荣, 袁红涛, 陈江华. 烘烤过程中环境湿度和烟叶水分与淀粉代谢动态[J]. 中国农业科学, 2003, 36(2): 155-158.
- [8] 宫长荣, 李艳梅, 李常军. 烘烤过程中烟叶脂氧合酶活性与膜脂过氧化物的关系[J]. 中国烟草学报, 2003, 9(1): 39-41.
- [9] 王 行, 凌寿军, 宋守晔, 等. 烘烤过程中温湿度与烟叶淀粉含量及淀粉酶活性变化的关系[J]. 烟草科技, 2004(11): 33-35.
- [10] 王松峰, 王爱华, 宋朝鹏, 等. 装烟密度对密集烘烤过程中烟叶主要生理指标的影响[J]. 河南农业科学, 2005(5): 21-25.
- [11] 邹 琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社, 2003.
- [12] 段辉国. 亚精胺对小麦离体叶片中蛋白质含量与蛋白酶的影响[J]. 四川师范学院学报, 2000, 21(1): 44-47.
- [13] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社, 2003.
- [14] 白宝璋. 植物生理学测试技术[M]. 北京:中国科学技术出版社, 1990.
- [15] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京:北京大学出版社, 1990: 245-248.
- [16] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京:中国农业出版社, 2003.
- [17] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [18] 何钟佩. 农作物化学控制实验指导[M]. 北京:中国农业大学出版社, 1993.
- [19] 吉书文, 腾兆波. 烟草物理检测[M]. 郑州:河南科学技术出版社, 1997.