

基于 HS-SPME/GC-MS 分析新疆不同品种葡萄 蒸馏酒挥发性香气成分

Analysis of volatile aroma components of different breeds of grape
distilled spirits in Xinjiang by HS-SPME/GC-MS

王犁烨^{1,2} 黄 彭¹ 冯瑞章¹ 武 运² 宋 钰³

WANG Li-ye^{1,2} HUANG Peng¹ FENG Rui-zhang¹ WU Yun² SONG Yu³

(1. 宜宾学院固态发酵资源利用重点实验室, 四川 宜宾 644000; 2. 新疆农业大学食品科学与药学学院,

新疆 乌鲁木齐 830052; 3. 吐鲁番市质量与计量检测所, 新疆 吐鲁番 838000)

(1. Solid-State Fermentation Resource Utilization Key Laboratory, Yibin University, Yibin, Sichuan 644000, China;

2. College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China;

3. Turpan Quality and Quantity Inspection Institute, Turpan, Xinjiang 838000, China)

摘要:为了解新疆不同品种酿酒葡萄制得的蒸馏酒挥发性香气成分之间的差异,采用顶空固相微萃取技术(HS-SPME),结合气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)分别对赤霞珠、霞多丽、贵人香、赤霞珠和霞多丽混酿以及贵人香和霞多丽混酿制得的葡萄蒸馏酒中挥发性香气成分进行检测,并对其差异进行分析比较。结果表明:以不同葡萄品种制得的蒸馏酒挥发性香气成分的种类和含量都存在一定的差别;在5种蒸馏酒样品中共检测出78种挥发性香气成分,包括酯类44种、醇类10种、酸类4种、醛类3种、酮类2种、其他物质15种;在以两种葡萄品种为原料的葡萄蒸馏酒中,除保留了各自原有的香气成分之外还产生了新的挥发性香气成分。

关键词:葡萄;蒸馏酒;挥发性成分;顶空固相微萃取;气质联用

Abstract: In order to understand the differences of volatile aroma components between distilled liquor obtained from different varieties of wine grapes in Xinjiang, the methods of headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) were used to investigate the aroma component in different kinds of distilled liquor. Distilled liquor was obtained from Cabernet Sauvignon, Chardonnay, Italian Riesling, Cabernet Sau-

vignon with Chardonnay blend and Chardonnay with Italian Riesling Blend. The differences were analyzed and compared, and the results showed as follows. The types and contents of volatile aroma components of distilled liquor obtained from different grape varieties, and a total of 78 volatile aroma components were detected in 5 wine samples. The portion of the ester, alcohol, acid, aldehyde, ketone and others were 44, 10, 4, 3, 2, and 15 respectively. In the blending samples of distilled liquor, some new aroma components were found produced with the retaining of their original aroma components. The results in this study laid basis for the future research and development of distilled liquor in Xinjiang.

Keywords: grape; grape distilled liquor; volatile aroma components; headspace solid-phase microextraction; gas chromatography-mass spectrometry

新疆是中国最大的葡萄种植产区,且历史悠久,葡萄栽培品种多达600多种,种质资源丰富多样,大部分葡萄属欧亚种^[1]。近年来,新疆葡萄酒产业迅猛发展,在一定程度上也带动了葡萄蒸馏酒的发展。葡萄蒸馏酒的香气成分虽然会受到葡萄原料、发酵菌种以及蒸馏条件等因素的影响,但葡萄原料是最主要的因素,而葡萄浆果香气成分及类型是由葡萄遗传基因所决定的^[2-5]。葡萄蒸馏酒的挥发性香气成分对其感官评价有着关键性的影响,不同品种的葡萄酿造蒸馏出的葡萄蒸馏酒香气成分存在明显差异^[6]。目前已有一些针对不同品种^[7]、不同成熟度^[8]、不同地区^[9]的葡萄挥发性香气成分差异的研究,但对其生产的蒸馏酒挥发性香气差异的研究甚少,葡萄到葡萄蒸馏酒还需经历一系列复杂的工艺^[10],所以需对葡萄蒸馏酒挥发性香气成分进行

基金项目: 固态发酵资源利用四川省重点实验室开放基金项目(编号:2016GTJ003);新疆维吾尔自治区重大科技专项(编号:2017A01001-2)

作者简介: 王犁烨,女,新疆农业大学在读硕士研究生。

通信作者: 武运(1965—),女,新疆农业大学教授,硕士。

E-mail: wuyunster@sina.com

冯瑞章(1978—),女,宜宾学院副教授,博士。

E-mail: ruizhangfeng@126.com

收稿日期: 2017-12-21

深入研究。

目前,顶空固相微萃取技术结合气相色谱-质谱联用技术在酒类检测中主要是通过定量化萃取来判定酒质优劣、酒种类别、酒类产地等^[11]。国内外众多研究人员将此方法运用在白酒^[12]、蓝莓果酒^[13]、黄酒^[14]、红枣发酵酒^[15]等酒类的挥发性香气成分分析中。

本研究拟采用 HS-SPME 与 GC-MS 技术联用,对不同品种的葡萄蒸馏酒挥发性香气成分进行分析,比较不同葡萄品种蒸馏酒间的差异,为进一步探究新疆葡萄蒸馏酒香气成分提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试材与试剂

样品 1:赤霞珠和霞多丽,酒精度 50% Vol,新疆吐哈盆地某酒庄;

样品 2:贵人香和霞多丽,酒精度 69% Vol,新疆焉耆盆地某酒庄;

样品 3:贵人香,酒精度 59% Vol,新疆天山北麓某酒庄;

样品 4:霞多丽,酒精度 55.5% Vol,新疆天山北麓某酒庄;

样品 5:赤霞珠,酒精度 61% Vol,新疆天山北麓某酒庄;氯化钠:分析纯,天津市致远化学试剂有限公司。

1.2 试验仪器

水浴锅:HH-S 型,金坛市医疗仪器厂;

天平:PL2002 型,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;

SPME 萃取头:65 μm DVB/PDMS 型,美国 Supelco 公司;

气相色谱-质谱联用仪:7890A-5975C 型,美国 Agilent 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 挥发性香气成分提取 采用 HS-SPME 法,将蒸馏酒样品与蒸馏水以体积比 2:1 混合后,吸取 5 mL 放入 20 mL 带有硅胶垫帽的萃取瓶中,加入 1 g NaCl,于 50 $^{\circ}\text{C}$ 水浴中预平衡 10 min 后,继续在 50 $^{\circ}\text{C}$ 条件下萃取 20 min。

1.3.2 气相色谱条件 程序升温:初始温度 40 $^{\circ}\text{C}$ 保持 3 min,以 4 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 160 $^{\circ}\text{C}$,再以 7 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 250 $^{\circ}\text{C}$,保持 30 min;载气:He;流速:2 mL/min;进样量:1 μL ;不分流进样。

1.3.3 数据分析 将 GC-MS 检测出的未知化合物的气相色谱图与 NIST Library 数据库进行对比,将匹配度大于 80% 的化合物作为暂定结果,采用 NIST MS Search 2.0 标准谱库相匹配检索定性,当正反匹配度均大于 800(最大值为 1 000)时,确定化合物的类型,通过峰面积归一化法计算各化合物的相对含量。

2 结果与分析

利用顶空固相微萃取法对葡萄蒸馏酒中的香气成分进行提取,同时采用气相色谱-质谱联用分析葡萄蒸馏酒中的香气成分,GC-MS 总离子流色谱图见图 1。

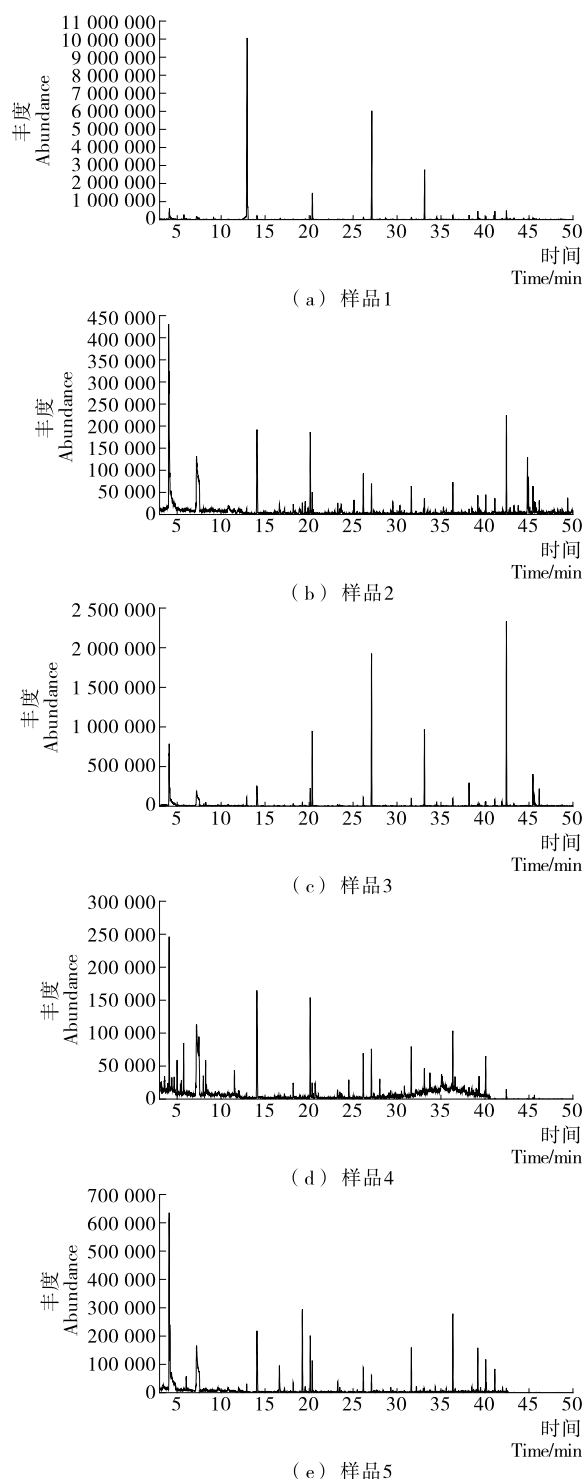


图 1 5 种葡萄蒸馏酒挥发性香气成分 GC-MS 总离子图
Figure 1 GC/MS total ionic chromatogram of volatile aroma components of 5 of grape distilled liquor

由表 1 可知,用 GC-MS 技术在 5 种酒样中共鉴定出 78 种香气成分,包括:酯类 44 种、醇类 10 种、酸类 4 种、醛类 3 种、酮类 2 种、其他类 15 种,在 5 种葡萄蒸馏酒样品中酯类为主要的挥发性成分。

2.1 5 种葡萄蒸馏酒主要香气成分分析

样品 1 中有 39 种挥发性香气成分被分离鉴定出来,其中相对含量比较高的成分包括:己酸乙酯(48.71%)、癸酸乙

表 1 5 种葡萄蒸馏酒挥发性香气成分[†]
Table 1 Different varieties of grape wine volatile aroma composition

类型	名称	香气描述 ^[16-18]	相对含量/%				
			1	2	3	4	5
酯类	丙酸乙酯	菠萝香气	—	—	—	4.21	0.57
	2-羟基-2-甲基-丁酸甲酯	—	—	—	—	3.39	—
	2-甲基-丙酸乙酯	芳香香气	—	—	—	2.86	—
	乙酸异丁酯	梨和复盆子香气	—	—	—	4.15	—
	丁酸乙酯	草莓和苹果香气	0.88	—	—	6.30	—
	乳酸乙酯	奶油和水果香气	0.12	—	—	—	1.90
	乙酸异戊酯	香蕉香气	—	—	0.44	4.23	0.40
	2-甲基丁基乙酸酯	香蕉和苹果香气	—	—	—	2.23	—
	戊酸乙酯	苹果香气	0.41	—	—	—	—
	4-乙基苯甲酸-6-甲基丙酯	—	—	—	—	—	1.43
	己酸乙酯	青香和水果香气	48.71	—	1.32	—	1.13
	庚酸乙酯	菠萝香气	0.23	—	—	1.92	—
	丁二酸二乙酯	愉悦香味	0.10	1.48	0.37	—	12.08
	琥珀酸,丁基乙酯	—	—	—	0.49	—	—
	辛酸乙酯	煮熟水果味	4.79	2.71	10.02	—	4.23
	己酸异戊酯	苹果和菠萝香气	0.08	—	—	—	—
	壬酸乙酯	葡萄香气	0.10	—	—	—	—
	癸酸乙酯	水果香气	21.29	3.97	20.63	6.50	2.32
	乙基异戊基琥珀酸酯	—	—	—	—	—	0.31
	辛酸异戊酯	水果香气	0.29	—	0.13	—	—
	2-甲基辛酸丁酯	—	0.09	—	—	—	—
	邻苯二甲酸二乙酯	—	0.22	—	—	—	0.92
	癸酸辛酯	水果香气	—	—	0.14	—	0.73
	月桂酸乙酯	花果香气	9.45	2.51	10.26	3.88	0.68
	癸酸异戊酯	—	0.50	—	0.48	—	—
	2-甲基癸酸丁酯	—	0.16	—	—	—	—
	肉豆蔻酸乙酯	紫罗兰香气	0.74	—	2.82	1.13	—
	邻苯二甲酸二异丁酯	芳香气味的	1.39	2.18	0.26	—	5.94
	苯二甲酸二丁酯	芳香气味的	—	2.10	0.86	—	1.20
	棕榈酸甲酯	—	0.69	—	—	—	—
	邻苯二甲酸二丁酯	芳香气味的	1.42	—	—	—	3.18
	9-十六碳烯乙酸酯	—	0.15	—	0.54	—	—
	棕榈酸乙酯	奶油香气	1.47	11.88	23.12	1.07	0.50
	肌醇六乙酸酯	—	—	0.98	—	—	—
	油酸甲酯	—	0.15	1.51	—	—	—
	月桂酸异戊酯	—	0.19	—	0.32	2.81	—
	亚油酸乙酯	—	0.36	3.96	3.95	—	—
	硬脂酸甲酯	—	0.09	4.56	—	—	—
	油酸乙酯	花香和果香香气	—	—	1.54	—	—
	反-9-十八碳烯酸乙酯	—	—	1.33	—	—	—
	硬脂酸乙酯	几乎无味	—	1.70	2.10	—	—
	3-甲基十五烷酸丁酯	—	—	—	0.14	—	—
	己二酸二(2-乙基己)酯	—	—	2.42	0.14	—	—
	邻苯二甲酸双(2-乙基己)酯	有特殊香气	—	1.82	—	—	—

续表 1

类型	名称	香气描述 ^[16-18]	相对含量/%				
			1	2	3	4	5
醇类	3-甲基-正丁醇	水果香气	—	17.60	—	—	—
	异戊醇	醇香	—	21.19	10.64	18.06	30.51
	2-甲基丁醇	焦灼气味	2.21	—	—	—	—
	戊醇	杏仁香气	0.68	—	3.27	—	12.37
	1-甲基-环己醇	—	—	—	—	2.26	—
	己醇	花香	0.08	—	0.26	—	0.55
	苯乙醇	玫瑰香气	—	1.06	—	—	5.36
	月桂醇	紫罗兰香气	0.16	1.95	—	—	—
	2-辛基-1-十二烷醇	—	—	—	—	1.42	—
	β -红没药醇	—	0.11	—	—	3.11	—
酸类	正丙醇、二甲基-苯甲酸	—	0.95	—	4.47	—	8.26
	己酸	奶酪和烧烤味	1.08	—	—	—	—
	辛酸	奶酪和水果味	0.16	2.51	0.23	—	1.27
	(Z,Z,Z)-亚麻酸	—	—	—	0.61	—	—
醛类	己醛	橘子香和甜香气味	—	—	—	1.80	—
	异丁醛二乙缩醛	—	—	—	—	2.29	—
	癸醛	甜橙气味	0.07	—	—	—	—
酮类	3-乙基-庚酮	水果和青草香气	—	—	—	1.02	—
	1-丁烯-3-酮, 1-(2-羧基-4,4-二甲基环丁烯基)	—	—	—	0.45	—	—
	1-二乙氧基-3-甲基丁烷	—	—	—	—	4.01	—
其他	1,6-己内酰胺	薄荷香气	—	—	—	3.97	—
	1-甲基萘	芳香气味	0.10	—	—	—	1.81
	异丙烯基苯酚	—	—	1.50	—	—	—
	正十三烷	—	—	—	—	2.49	—
	1,3,5-三甲基-2-(1,3-丁二烯基)苯	—	—	—	—	—	0.35
	石竹烯	柑橘和丁香香气	0.16	—	—	2.97	—
	十四烷	—	—	—	—	2.12	—
	十五烷	—	—	—	—	2.65	0.38
	十六烷	—	—	—	—	3.18	—
	十七烷	—	0.07	—	—	2.53	0.59
	十九烷	—	—	—	—	—	0.38
	二十烷	—	—	—	—	1.44	0.65
	泪杉醇氧化	—	0.10	—	—	—	—
	双酚 A	苯酚气味	—	9.08	—	—	—

† “—”表示未检测出或未见报道。

酯(21.19%)、月桂酸乙酯(9.45%)。样品 2 中有 22 种挥发性香气成分被分离鉴定出来,其中相对含量比较高的成分包括:异戊醇(21.19%)、3-甲基-正丁醇(17.60%)、棕榈酸乙酯(13.40%)。样品 3 中共分离鉴定出 28 种挥发性香气成分,其中相对含量较高的成分有:棕榈酸乙酯(23.12%)、癸酸乙酯(20.63%)、异戊醇(10.64%)、月桂酸乙酯(10.26%)、辛酸乙酯(10.02%)。样品 4 中共分离鉴定出 29 种挥发性香气成分,其中相对含量较高的成分有:异戊醇(18.06%)、癸酸乙酯(6.50%)、丁酸乙酯(6.30%)。样品 5 中共分离鉴定出 28

种香气成分,其中相对含量较高的成分有:异戊醇(30.51%)、戊醇(12.37%)、丁二酸二乙酯(12.08%)。

由此发现在 5 个样品中含有的香气成分和含量是不同的,除了样品 1 之外,其他品种葡萄的蒸馏酒中均存在异戊醇这种挥发性香气成分。其中样品 1 中特有的主要香气物质为戊酸乙酯和己酸;样品 2 中特有的主要香气物质为 3-甲基-正丁醇;样品 3 中特有的主要香气物质为油酸乙酯;样品 4 中特有的主要香气物质为 2-甲基-丙酸乙酯和乙酸异丁酯,说明各葡萄蒸馏酒主要芳香物质在含量上存在些许差异,说

明不同葡萄蒸馏酒在香气成分存在较大差异。5 个样品共有的挥发性香气成分组包括:癸酸乙酯、月桂酸乙酯、棕榈酸乙酯 3 种酯类化合物,分别占样品 1~5 的 32.21%,18.36%,54.01%,11.45%,3.50%。在选用霞多丽和贵人香酿造的干白葡萄酒中,香气含量排列前 5 位的香气成分相似^[19],同样在样品 2~4 中主要香气成分也十分相似,说明虽然进行了蒸馏工艺,但葡萄品种的特征香气不会存在较大差别。

2.2 分类比较不同葡萄酒的香气成分

2.2.1 酯类物质 酯类物质主要是通过发酵和蒸馏过程中醇类和有机酸酯化作用生成的,大部分酯类物质使蒸馏酒形成愉快的香味^[20]。在样品 1 香气成分中,酯类物质有 26 种,相对含量为 94.07%;在样品 2 香气成分中,酯类物质有 22 种,相对含量为 45.11%;在样品 3 香气成分中,酯类物质有 22 种,相对含量为 80.07%;在样品 4 香气成分中,酯类物质有 25 种,相对含量为 44.68%;在样品 5 香气成分中,酯类物质有 25 种,相对含量为 37.52%。5 个样品虽然所含有的挥发性香气成分数量差别不大,但相对含量存在差别。癸酸乙酯、月桂酸乙酯、棕榈酸乙酯 3 种酯类化合物在 5 个样品中均有存在,但它们的相对含量在不同葡萄蒸馏酒样品中差异明显。样品 1 中的癸酸乙酯相对含量是样品 5 的 9.18 倍;样品 3 中的月桂酸乙酯相对含量是样品 5 的 15.00 倍;样品 3 中的棕榈酸乙酯相对含量是样品 5 的 46.24 倍,因此癸酸乙酯、月桂酸乙酯、棕榈酸乙酯可能是影响不同种类酿酒葡萄所制得蒸馏酒香气和风味的物质。

2.2.2 醇类物质 醇类主要来源于发酵、氨基酸转化及亚麻酸降解物的氧化,而葡萄中醇类物质及其香气的浓度对蒸馏酒的香气有一定的影响。在样品 1 香气成分中,醇类物质有 5 种,相对含量为 3.24%;在样品 2 香气成分中,醇类物质有 4 种,相对含量为 41.80%;在样品 3 香气成分中,醇类物质有 3 种,相对含量为 14.17%;在样品 4 香气成分中,醇类物质有 4 种,相对含量为 24.85%;在样品 5 香气成分中,醇类物质有 4 种,相对含量为 48.79%。高级醇和杂醇油是蒸馏酒香气成分的重要组成成分,在酒精发酵过程中产生,对蒸馏酒的感官特征具有显著影响^[17]。除了样品 1 之外,其他 4 个蒸馏酒样品中均存在异戊醇,但相对含量存在一些差异,样品 5 中的含量为其他蒸馏酒样品的 1.43~2.87 倍。2-甲基丁醇、3-甲基-正丁醇、1-甲基-环己醇、2-辛基-1-十二烷醇分别为样品 1~4 中特有的醇类化合物,这些物质可能积极地影响了不同种类葡萄所酿葡萄酒的香气和风味。

2.2.3 酸类物质 在样品 4 中未检测到酸类物质,可能是在蒸馏过程中,挥发性酸类物质与醇类物质发生反应,形成酯类物质。在其他 4 种不同葡萄蒸馏酒样品中酸类挥发性成分含量较低为 2.19%~9.53%,且只有一种辛酸是 4 种葡萄蒸馏酒所共有的。己酸仅存在于样品 4 中;(Z,Z,Z)-亚麻酸仅存在于样品 3 中。

2.2.4 酮类、醛类和其他香气物质 己醛仅存在于样品 4 中,这是一种具有甜香气的醛类物质,癸醛仅存在于样品 1 中,在样品 4 和 5 中均未发现,可能是赤霞珠和霞多丽葡萄在混酿过程中新产生的香气成分。石竹烯在样品 1 和 4 中

均有存在,它可能是霞多丽葡萄蒸馏酒特有的挥发性香气成分。3-乙基-庚酮、1,6-己内酰胺和己醛为样品 4 特有的挥发性香气成分,二者可能是霞多丽葡萄单独酿制葡萄蒸馏酒特有的挥发性香气成分^[21]。

3 结论

由于葡萄品种的不同,在相同栽培条件、酿造工艺及蒸馏工艺下,葡萄蒸馏酒的香气成分的差别也十分显著。蒸馏虽然会损失原酒中的部分香气成分,但还是保留着不同葡萄品种之间的差异性。5 种样品中挥发性香气成分的种类和含量存在较大差异,但酯类物质均为主要挥发性香气成分。样品 4 和 5 虽然是 2 个不同品种葡萄混酿制得的蒸馏酒,但挥发性香气成分与单一品种制得的蒸馏酒仍存在较大差别,说明不同葡萄品种混酿对葡萄蒸馏酒挥发性香气成分存在较大的影响,在混酿过程中既损失了一些香气成分,同时也生成了一些新的香气成分。本研究进一步证实了蒸馏酒的风味和葡萄的品种存在密切的关系,同时该研究为今后了解新疆蒸馏酒特性提供了理论依据。

参考文献

- [1] 马惠兰,李旭.新疆葡萄产业化发展现状及对策建议[J].新疆林业,2010(6):27-29.
- [2] 丁燕,王哲,郭亚芸,等.蓬莱产区不同白葡萄品种香气组成的差异性研究[J].酿酒科技,2015(11):54-59.
- [3] 张崇军.葡萄酒生产工艺对其营养价值的影响[J].食品安全导刊,2013(1):72-73.
- [4] 姜文广,李记明,徐岩,等.4 种酿酒红葡萄果实的挥发性香气成分分析[J].食品科学,2011,32(6):225-229.
- [5] URCAN D E, GIACOSA S, TORCHIO F, et al. 'Fortified' wines volatile composition: Effect of different postharvest dehydration conditions of wine grapes cv. Malvasia moscata (*Vitis vinifera* L.)[J]. Food Chemistry, 2017, 219: 346-356.
- [6] 齐晓茹,侯丽娟,师旭,等.不同年份、不同葡萄品种葡萄酒品质特征分析研究[J].食品工业科技,2017,38(9):285-289.
- [7] 孙莎莎,范文来,徐岩,等.3 种酿酒白葡萄果实的挥发性香气成分比较[J].食品与发酵工业,2014,40(5):193-198.
- [8] 李娜娜,束廷廷,梁艳英,等.不同采收期对爱格丽葡萄酒及蒸馏酒香气成分的影响[J].食品科学,2018(2):215-221.
- [9] 孙莎莎,范文来,徐岩,等.我国不同产地赤霞珠挥发性香气成分差异分析[J].食品工业科技,2013,34(24):70-74.
- [10] 成池芳,张如意,陈新军,等.贵人香蒸馏酒桶储前后香气成分的变化对比[J].中外葡萄与葡萄酒,2014(2):51-53.
- [11] 邱桂华.不同产地黄酒鉴别方法的比较研究[D].杭州:浙江农林大学,2013:1-10.
- [12] 范文来,胡光源,徐岩.顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法测定药香型白酒中萜烯类化合物[J].食品科学,2012,33(14):110-116.
- [13] 庞惟俏,姜雪,郭德军.野生蓝莓果汁及其发酵果酒挥发性成分分析[J].中国酿造,2017,36(1):180-185.
- [14] 王琳.三种市售年份黄酒的特征香气成分分析[D].合肥:合肥工业大学,2016:1-10.

(下转第 30 页)

- revealed by high-throughput of 16S rDNA amplicons[J]. Food Microbiology, 2015, 46(4): 342-356.
- [5] HU Xiao-long, DU Hai, REN Cong, et al. Illuminating anaerobic microbial community and cooccurrence patterns across a quality gradient in Chinese liquor fermentation pit muds[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2016, 82(8): 2 506-2 515.
- [6] BOYNTON P J, GREIG D. Fungal diversity and ecosystem function data from wine fermentation vats and microcosms[J]. Data in Brief, 2016, 8(12): 225-229.
- [7] YANG Hong-yan, WU Hao, GAO Li-juan, et al. Effects of *Lactobacillus curvatus* and *Leuconostoc mesenteroides* on Suan Cai fermentation in northeast China[J]. Journal of Microbiology and Biotechnology, 2016, 26(12): 2 148-2 158.
- [8] 葛英亮, 于水利, 时文歆, 等. 应用 Illumina MiSeq 测序解析 O₃-BAC 水处理技术生产饮用水中细菌多样性[J]. 食品与机械, 2016, 32(6): 52-57.
- [9] FU Jian-yu, LV Hai-peng, CHEN Feng. Diversity and variation of bacterial community revealed by MiSeq Sequencing in Chinese dark teas[J]. PloS One, 2016, 11(9): e0162719.
- [10] 朱娜, 毛淑波, 潘磊庆, 等. 电子鼻对草莓采后贮藏早期霉菌感染的检测[J]. 农业工程学报, 2013, 29(5): 266-273.
- [11] 宋雪, 高韶婷, 杭梦茜, 等. 基于电子鼻的金华和宣威火腿产地鉴别与品质评定[J]. 食品与机械, 2015, 31(2): 114-118.
- [12] 陈辰, 鲁晓翔, 张鹏, 等. 基于电子鼻技术的玫瑰香葡萄贮藏期快速判别[J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 137-141.
- [13] 张玉玉, 黄明泉, 陈海涛, 等. 7 种面酱的电子鼻和电子舌辨别分析[J]. 中国食品学报, 2012, 12(1): 198-205.
- [14] CAPORASO J G, KUCZYNSKI J, STOMBAUGH J, et al. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data[J]. Nature Methods, 2010, 7(5): 335-336.
- [15] CAPORASO J G, BITTINGER K, BUSHMAN F D, et al. PyNAST: a flexible tool for aligning sequences to a template alignment[J]. Bioinformatics, 2010, 26(2): 266-267.
- [16] EDGAR R C. Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST[J]. Bioinformatics, 2010, 26(19): 2 460-2 461.
- [17] COLE J R, CHAI B, FARRIS R J, et al. The ribosomal database project (RDP-II): introducing myRDP space and quality controlled public data[J]. Nucleic Acids Research, 2007, 35(1): 169-172.
- [18] DESANTIS T Z, HUGENHOLTZ P, LARSEN N, et al. Greengenes, a chimera-checked 16S rRNA gene database and workbench compatible with ARB [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2006, 72(7): 5 069-5 072.
- [19] PRICE M N, DEHAL P S, ARKIN A P. Fasttree: computing large minimum evolution trees with profiles instead of a distance matrix[J]. Molecular Biology and Evolution, 2009, 26(7): 1 641-1 650.
- [20] DE FILIPPO C, CAVALIERI D, DI PAOLA M, et al. Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2010, 107(33): 14 691-14 696.
- [21] ARUMUGAM M, RAES J, PELLETIER E, et al. Enterotypes of the human gut microbiome[J]. Nature, 2011, 473(7 346): 174-180.
- [22] TONG S Y C, DAVIS J S, EICHENBERGER E, et al. *Staphylococcus aureus* infections: epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management[J]. Clinical Microbiology Reviews, 2015, 28(3): 603-661.
- [23] HU Xue, DOU Wen-chao, FU Ling-lin, et al. A disposable immunosensor for *Enterobacter sakazakii* based on an electrochemically reduced graphene oxide-modified electrode[J]. Analytical Biochemistry, 2013, 434(2): 218-220.
- [24] 陈文秀, 姜旋, 马晓燕, 等. 实时荧光环介导等温扩增技术检测乳粉中的肺炎克雷伯氏菌[J]. 食品科学, 2014, 35(20): 192-197.
- [25] PATEL R, SISE A, AL-MOHTASEB Z, et al. *Nocardia asteroides* keratitis resistant to amikacin[J]. Cornea, 2015, 34(12): 1 617-1 619.
- [26] LOZANO-OJALVO D, RODRÍGUEZ A, CORDERO M, et al. Characterisation and detection of spoilage mould responsible for black spot in dry-cured fermented sausages [J]. Meat Science, 2015, 100(2): 283-290.
- [27] ZHENG Yi, XI Xiao-xia, XU Hai-yan, et al. Using pacbio long-read high-throughput microbial gene amplicon sequencing to evaluate infant formula safety[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64(37): 6 993-7 001.
- [28] LI Jing, XU Hai-yang, SUN Zhi-hong, et al. Effect of dietary interventions on the intestinal microbiota of Mongolian hosts[J]. Science Bulletin, 2016, 61(20): 1 605-1 614.

(上接第 24 页)

- [15] 焦娇, 李凯, 李树萍, 等. HS-SPME-GC-O-MS 分析红枣发酵酒中的挥发性成分[J]. 食品科学, 2017, 38(4): 197-203.
- [16] 商敬敏, 牟京霞, 刘建民, 等. GC-MS 法分析不同产地酿酒葡萄的香气成分[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 52-57.
- [17] 李娜娜, 王华, 唐国冬, 等. 低温处理葡萄对爱格丽干白葡萄酒香气成分的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(13): 71-76.
- [18] 左俊伟, 亓相媛, 赵彩云, 等. 宁夏贺兰山东麓产区霞多丽、贵人香干白葡萄酒香气成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(10): 149-155.
- [19] KHAIRALLAH R, REYNOLDS A G, BOWEN A J. Harvest date effects on aroma compounds in aged riesling icewines[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2016, 96(13): 4 398.
- [20] LEE J W, KANG S A, CHEONG C. Quality characteristics of distilled alcohols prepared with different fermenting agents[J]. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 2015, 58(2): 1-9.
- [21] 康文怀, 徐岩, 崔彦志. 不同酿酒葡萄品种 C-6 醛、醇风味化合物的比较[J]. 食品科学, 2010, 31(8): 252-256.