感官分析及仪器分析在葡萄酒香气研究中的应用

糜川清, 郭安鹤, 王 华*

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

摘要: 香气是葡萄酒重要的感官特性, 具有区域性特点, 被认为是葡萄酒原产地保护的地理标志主要依据之一。仪器分析在葡萄酒香气研究中发挥着巨大作用, 然而辨别葡萄酒是否给人带来愉悦的感觉及精神满足还需靠人的嗅觉。感官分析是目前仪器分析所无法替代的。本文对影响葡萄酒感官评价的主要香气物质、感官分析及仪器分析单独和结合使用在葡萄酒香气研究中的应用进行综述。

关键词: 感官分析; 仪器分析; 葡萄酒; 香气

Application of Sensory and Instrumental Analysis in Wine Aroma

MI Chuan-qing, GUO An-que, WANG Hua*

(Shaanxi Engineering Research Center for Viti-viniculture, College of Enology, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract: Aroma is one of the most important sensory characteristics of wine, and regional characteristics have made it as a basis of original wine protection. Instrumental analysis plays a significant role in wine aroma, however, the olfactory sensation is still needed to identify whether the wine can bring pleasure feeling and spiritual satisfaction to people. Nowadays, sensory analysis can not be replaced by any other advanced instruments. In this paper, major aroma compositions in wine through sensory analysis, and the utilization of sensory and instrumental methods for wine aroma are reviewed.

Key words: sensory analysis; instrumental analysis; wine; aroma

中图分类号: TS262.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)23-0351-05

葡萄酒香气是葡萄酒重要的感官特性, 香气的类型和质量是葡萄酒风格和质量的体现。葡萄酒主要由水和乙醇组成。然而, 葡萄酒的基本香气取决于20种甚至更多的组分, 一种酒区别于另一种酒的细微差别则取决于更多的物质, 含量从ng/L(如甲氧基吡嗪)到mg/L(如有机酸、醇类等)。同时, 葡萄酒香气种类和风格是由葡萄品种、产地的气候和土壤等生态条件、栽培管理方式以及各具特色的酿造工艺方法决定, 即葡萄酒香气十分复杂且具有区域性特点^[1]。因此, 研究葡萄酒中主要香气成分和特征香气, 可以作为葡萄酒质量评价以及原产地保护的重要依据^[2-4]。

仪器分析作为香气研究的重要手段, 在葡萄酒香气的检测分析过程中发挥着巨大作用。葡萄酒中检测出已知挥发性成分约1000多种^[5-6], 其在结构上分属于上百个门类, 在含量上从ng/L到mg/L。一些以ng/L计量的物质, 虽然含量极低, 却对香气有重要贡献, 另一些虽然含量很高, 但所起的作用可能却很小^[7-8]。因此, 要确定

这1000多种挥发性成分中, 哪些化合物对葡萄酒的整体香气有贡献, 哪些掩蔽了葡萄酒的整体香气, 目前仪器分析仍难以做到。感官分析是评价葡萄酒质量的经典方法。由于把挥发物判定为气味的首要因素是嗅觉, 同时辨别一种气味物质为香气或臭味的唯一标准还是嗅觉, 这决定了感官分析是香气质量评价的基础, 是目前任何先进仪器分析所无法取代的。

1 葡萄酒主要香气物质

葡萄酒的芳香物质是具有挥发性、能够产生一定气味的含香物质的总称。葡萄酒香气是由几百种挥发性化合物组成, 成分丰富、种类复杂, 主要成分有酯、醇、萜烯、酚、缩醛、内酯、脂肪酸、单萜醇氧化物等^[9]。其种类、含量、感觉阈值及其之间的相互作用是构成葡萄酒质量的主要因素, 决定着葡萄酒的感官质量^[10]。葡萄酒的香气从发酵开始到最后的陈酿, 每时每刻都发生着

收稿日期: 2011-07-26

基金项目: 国家林业局“948”项目(K329020901)

作者简介: 糜川清(1986—), 女, 硕士研究生, 主要从事葡萄与葡萄酒香气研究。E-mail: 465568882@qq.com

*通信作者: 王华(1959—), 女, 教授, 博士, 主要从事葡萄与葡萄酒研究。E-mail: wanghua@nwsuaf.edu.cn

复杂的变化。按呈香物质的来源可分为：品种香、发酵香、陈酿香。

品种香是葡萄浆果本身的香气，与葡萄原料的品种、土壤气候、种植条件有关。李记明等^[11]指出品种香并不单单特指每一种葡萄品种特定的香气，而是指同一家族的许多品种的葡萄醪和葡萄酒中存在着同样的前体物及香气成分。目前，已经鉴定的直接源于果实的香气物质有萜烯、C13降异戊二烯衍生物、甲氧基吡嗪、挥发性硫化物等。张明霞等^[12]指出萜烯类化合物不仅具有浓郁的香气，且感觉阈值较低，是麝香性葡萄及葡萄酒的典型香气，也使得单品种的赛美容、霞多丽等葡萄酒呈现出莱姆果香、花香、茶香等香气特征。Guth^[13]指出C13降异戊二烯衍生物，在红葡萄酒中的感觉阈值极低，仅为50ng/L。Sala等^[14]利用顶空固相微萃取法检测到赤霞珠、梅尔诺及长相思葡萄果皮中存在微量2-甲氧基-3-异丁基吡嗪、2-甲氧基-3-仲丁基吡嗪以及2-甲氧基-3-异丙基吡嗪，尽管它们含量很低，但由于其感觉阈值极低，因此能赋予葡萄酒独特的香气。Tominaga等^[15]发现一些挥发性硫化物，如乙酸-3-巯基己醇具有黄杨木、西番莲和葡萄皮香气，阈值仅为4ng/L，而在长相思葡萄酒中含量高达几百ng/L，被认为是长相思葡萄酒的一种典型香气物质。

发酵香，即葡萄果皮在发酵过程中产生的香气。Valero等^[16]认为极少量的高级醇也会带来良好香气。Selli等^[17]研究指出当高级醇类的含量<300mg/L时能够增加葡萄酒香气的复杂性，但当含量>400mg/L时便会破坏葡萄酒香气的优雅性。此外，Mateo等^[18]指出发酵使得果实中结合态的萜烯类糖苷前体降解为游离态芳香物质，释放出品种本身独有的香气，即品种香。可见，发酵过程不仅仅是生成具有香气活性的次级代谢产物，同时发酵具有显香剂的作用，有助于葡萄果实中芳香成分释放到葡萄酒中，从而直接对葡萄酒的感官特性产生重要影响。

陈酿香是葡萄酒在陈酿过程中由氧化还原作用和酯化作用所生成的芳香成分构成。对于经得起陈酿具有优质单宁的葡萄酒，在陈酿过程中，葡萄酒的香气向着更加平衡、协调、浓厚的方向转化。若是经橡木陈酿，橡木桶中的香兰素、香草醛、威士忌内酯、丁子香酚和愈创木酚往往使得葡萄酒具有愉快的香草、橡木香、丁香味、烤面包味。Troncoso等^[19]研究指出，将赤霞珠及梅鹿辄葡萄酒在橡木桶中陈酿9个月后，香草醛的质量浓度明显高于感觉阈值，香草醛是经橡木陈酿葡萄酒香草味的主要贡献者。Cerdan等^[20]指出丁香醛的感觉阈值较高，虽然可以增加香草醛的香气，但对于葡萄酒的香气贡献不大；而愈创木酚和4-甲基愈创木酚具有浓烈的烟熏味，经橡木桶陈酿变得柔和，赋予葡萄酒愉快的烤面包味。虽然它们在葡萄酒中的检出量均低于感觉阈值，但

是在葡萄酒这样一个复杂的体系中，它们通过促进、协同或抑制作用对葡萄酒香气的影响大于其单独存在时所发挥的作用。

2 葡萄酒香气的研究方法

2.1 香气成分的仪器分析

仪器分析在葡萄酒产品质量评价、产地和品种鉴别等方面的应用研究越来越广泛^[21]。各种拟人化仪器的出现，成为葡萄酒感官分析的有力补充，可为葡萄酒病害的诊断、香气的感官分析提供客观可靠的物质成分及其变化的数据信息。仪器分析成为香气研究的必须手段。

2.1.1 气相色谱-质谱联用

色谱技术是详细定性、定量分析葡萄酒中香气成分的有效方法，可偶联多种检测器对挥发性物质进行检测。早在1995年Garciajares等^[22]就利用气相色谱结合质谱技术(GC-MS)成功鉴定出加利西亚白葡萄酒与附近地区白葡萄酒的区别。GC具有高效分离能力，结合MS提供的相对分子质量、元素组成、高度结构信息，其能强有力地表征有机物分子。GC-MS可在缺乏标样的情况下，定性和定量分析样品中多种香气成分，已广泛应用于葡萄酒香气的研究中^[23]。

近年来，GC-MS是葡萄酒香气成分研究中应用最好的技术。李华等^[10]研究指出应用GC-MS技术分析葡萄酒中的香气成分重现性、可靠性较好。Cerdan等^[20]利用GC-MS分析新旧橡木桶陈酿对葡萄酒香气成分的影响，结果发现，陈酿6个月后，旧橡木桶陈酿葡萄酒检出的糠醛质量浓度比新橡木桶中的低98%，5-甲基糠醛低96%。但陈酿7个月后这些成分居于稳定。12~15个月后，其在新、旧橡木桶中的质量浓度几乎没有差别。Campo等^[24]通过多维气相色谱质谱联用(GC-GC-MS)检测威士忌和白兰地中4种重要的芳香酯。张国栋等^[25]利用GC-MS研究葡萄酒在陈酿过程中添加银杏提取物后香气的变化，对照葡萄酒和银杏葡萄酒在开始陈酿和陈酿1年后对比分析结果表明：银杏提取物的添加对葡萄酒的香气成分有一定影响，但经过1年陈酿后，银杏葡萄酒与对照葡萄酒香气成分差异缩小，主要香气物质在种类和含量上都比较接近。王兆科等^[26]指出固相微萃取-色谱-质谱法(SPME-GC-MS)已被国际权威机构纳入葡萄酒中氨基甲酸酯(EC)含量标准检测方法，EC具有潜在毒性。

2.1.2 气相色谱-嗅觉测量技术

气相色谱-嗅觉测量技术(GC-O)，是一种基于色谱洗出液的感官评价方法，即在GC-MS基础上在气相色谱柱末端安装分流口，使分离的挥发性物质进入嗅闻端，将人的鼻子作为检测器，通过描述香味特征，记录香气物质强度、持续时间来辨别对总体香气的贡献。此技术

中,经过培训的闻香员类似于检测器,直接对色谱分离的物质进行感官分析。

Plutowska等^[27]指出GC-O在国外的食品检测中使用愈见广泛,特别在于嗅觉检测器的添加,能更好地从所有的挥发性成分中区分出关键的活性物质。张青等^[28]综述了GC-O在酒类风味分析中的应用,指出国外酒类风味主要集中在葡萄酒,并引用文献说明GC-O是一种筛选存在于葡萄酒中活性气味物质的有效工具。Campo等^[29]用GC-O技术分析马德拉葡萄酒的香气质量,采用动态顶空技术提取挥发性香气成分,并用GC-O进行定量分析。研究发现,马德拉葡萄酒的香气成分十分复杂,含有大量萜烯醇、甲氧基吡嗪、焦糖内酯、苯乙醛、树木类芳香成分,但其缺乏最为重要的品种香,比如萜烯醇、半胱氨酸衍生硫醇,大量难挥发物质中大多数是马德拉葡萄酒特有的,均可用GC-O检测。

2.1.3 拟人化感官评价技术-电子鼻

电子鼻(electronic nose)又称人工嗅觉分析系统,它是20世纪90年代发展起来的一种新颖的分析、识别和检测仪器。电子鼻识别的是特征香气,而不是单一化合物,通过将传感器的响应信号传输至识别系统而对气体进行检测。它将各种不同的气味信号与预先建立好的数据库中的信号加以比较,进行识别判断,具有类似鼻子的功能^[30]。电子鼻作为气味的嗅觉模拟分析系统,综合了当前仪器设备装置、电子计算机模型、感官分析方法等的最新成果。与气相色谱法相比有着明显的优越性,操作简便快捷、测定一个样品通常只需几秒钟至几分钟、样品不需前处理,有效地避免了对香气成分和含量的破坏,能分辨出气味的种类,实现了对10万种以上气味物质的快速定性和定量分析^[31]。

电子鼻首先在烟酒和食品工业方面显示高超作用。电子鼻在酒类品牌的鉴定和异味检测、蒸馏酒品质鉴定、制酒过程管理的监控等方面有很大的应用价值^[32]。Lozano等^[33]利用电子鼻来区分不同储藏时间的酒。Garcia等^[34]使用电子鼻结合统计分析来区分来自同一酒庄同一品种4种类型的红葡萄酒,结果表明,电子鼻能够很好地识别4种类型的酒。刘宁等^[35]利用电子鼻PEN3系统对10种酿酒酵母酿制葡萄酒的芳香成分进行检测分析,研究表明,电子鼻结合主成分分析、线性判断分析能准确辨别出不同酵母对应的酒样,且分辨率都在0.95以上。

2.1.4 仪器分析的局限性

仪器分析虽然能检测出上千种挥发性成分,但很难检测葡萄酒中极微量的难挥发性成分,难以定性和定量分析对葡萄酒香气有重要贡献的一些极微量挥发性成分。同时严格地说,所谓的拟人化仪器还只是一类气味的识别装置,只是利用各种传感器的检测结果结合计算机强大的数据处理信息贮存能力,与预先建立好的人们

对气味、香气质量感官分析结果的数据模型相对照、反馈,来模拟嗅觉识别气味的一种分析系统。这就需要强大的数据库作为支撑和重复性、稳定性、精确性好的专家品尝员。同时电子鼻只能对混合物作整体评价(如对某一类烃类、醇类等敏感),不能作质量评价。进一步说,其分析结果还不是真正意义上的香气本身的嗅觉感受;其识别能力虽已接近人类的嗅觉,但还未达到人类嗅觉的再现水平。因此,理论上,即使嗅觉机理研究清楚后,人工嗅觉模拟系统,在本能生理方面能够达到人类对气味分析的要求,但在人文心理、享乐愉悦方面,却很难满足人们对嗅觉享乐的需求。

2.2 感官分析

2.2.1 感官分析在葡萄酒香气研究中的应用

感官分析(sensory analysis),根据ISO: 5492: 1992 (E/F)^[36]中的定义,就是用感觉器官调查产品的感官属性。它是一种多变量技术,即同时对一个目标样本的多种变量的测量技术。嗅觉的灵敏度很高,可感觉上千种挥发成分。香气是具有呈香感官特性的气体物质,我们闻到的香气正是挥发性物质在嗅觉上的呈香感觉。Behrens等^[37]指出感官即嗅觉表达描述的是对气味呈香的感觉,其目的是对所品尝的香气作出正确的感官质量评价。描述分析和情感喜好分析已经广泛用于酒类特别是葡萄酒质量评价。此外,李华^[1]指出,高超品尝能力的重要性不亚于画家的眼睛和音乐家的耳朵。

Juanola等^[38]研究葡萄酒和软木塞中2,4,6-三氯茴香醚(TCA)的关系时发现,TCA使葡萄酒呈现出霉味和陈腐味。Guth等^[13]通过感官分析发现C13降异戊二烯衍生物,能赋予葡萄酒复杂的香气,常常表现出热带水果、煮苹果或复杂的花香。Parr等^[39]对新西兰长相思葡萄酒的特征香气进行了感官分析,研究表明,西番莲、黄杨木和青椒是新西兰马尔堡产区长相思葡萄酒的特征香气。李华等^[40]研究了澳大利亚4款西拉干红葡萄酒的香气感官特性描述符,结果显示,可用烧烤味、香料、甘草、巧克力作为西拉干红葡萄酒香气感官特性的描述符。这种在感官品评时,把通过多元统计分析得到的香气词语,作为葡萄酒香气感官特性的描述符,既简化感官评价的描述语,又为建立不同风格葡萄酒指纹图谱做贡献。Cadot等^[41]通过感官分析研究法国地区24款A.O.C级品丽珠葡萄酒的典型性,结果表明感官分析技术在评价葡萄酒的典型性与气候、土壤、葡萄园地理位置的关系时很实用。Garcia-Parrilla等^[42]利用描述性感官分析研究葡萄酒醋,制定了一套葡萄酒醋的感官分析程序,将葡萄酒醋的感官描述语扩展到13个,并用偏最小二乘法证实其具有良好的重现性。Schwan等^[43]通过感官分析研究不同酵母菌株发酵树莓葡萄酒的香气组份,感官分析结果表明,樱桃、香草、花卉和紫罗兰可作为酿酒酵母菌株

UFLA FW 15酿制的树莓葡萄酒的感官描述符,且该酒具有良好的理化和感官特性。Esti等^[44]通过感官分析结合定性数据分析探索16种Grechetto葡萄酒的感官特性,研究发现,硫、酵母、干果、黄油、青草和热带水果(甜瓜、柚子)是新葡萄酒的主要香气,随着陈酿时间的延长,蜂蜜、焦糖、果酱变得更占优势。Gomez-Plaza等^[45]研究了添加橡木对葡萄酒香气的影响,使用描述性感官分析,并用三角测试来确定样本之间是否有差异。结果显示,添加橡木的葡萄酒更受感官评价组赞赏。Fernandez-Zurbano等^[46]采用感官分析研究葡萄酒涩味物质,感官评价小组由受过训练的专家评价员组成,结果发现,葡萄酒中的涩味物质与原花青素单体、二聚体、三聚体和四聚体无关,顺乌头酸、香草酸、丁香酸和丁香酸乙酯是涩味的主要来源。

2.2.2 感官分析的局限性及改进

传统的感官分析由人的鼻、舌等承担,灵敏度高,结果直观。虽然嗅觉灵敏度很高,但在长期的进化过程中,人类往往本能地有选择地记忆有害的气味物质,对于香气物质敏感度降低。因此,要一一确定这上千种挥发性物质,存在很大困难。同时感官分析易受主观性人为状况的影响,如个体差异、好恶、健康、专业程度等;结果不能定量,难以数字化、系统进行比较;同时国内感官评价起步晚,各种感官评价描述语大多参考国外,缺乏中国特有的元素,不能体现独特的中华文化。

然而,李华等^[47]研究表明经过葡萄酒标准香气嗅觉训练的品尝员,香气感官分析能力,即香味敏感性和辨别能力显著提高。说明经过训练的品尝员能够克服人的主观因素的局限性。因此,经过训练的品尝员可作为检测仪器使用,同时葡萄酒的主要功能是给人以愉悦,人们所表达出来的所谓气味的香与臭正是相对于心理感觉而言的好与恶,感官品尝能够满足人们对嗅觉享乐的需求。

3 感官分析与仪器分析结合

品尝是一种检验、分析、感官体验,没有任何计算机能取代人来完成这些工作,且经过训练的品尝员可克服自身的局限性作为仪器使用,那么将二者结合起来研究葡萄酒香气成分可能更具优势。目前,国外开展了大量这方面的研究,其目的在于依据香气分类并建立葡萄酒优质质量控制体系^[48]。早在1998年,Rapp^[49]便使用气相色谱结合感官分析研究葡萄酒香气,指出嗅探技术可用于葡萄酒异味的检测。Juanola等^[38]研究了感官分析结合气相色谱及电子鼻探测器检测葡萄酒和软木塞中2,4,6-三氯茴香醚(TCA)的关系,评价员是经过7个月训练的稳定品尝员,结果显示,感官分析和仪器分析检测TCA结果相似,相关性高达0.82,说明感官分析可用于预测葡萄酒和软木塞中2,4,6-三

氯茴香醚的含量,从而用于陈酿过程中葡萄酒质量控制。Mamede等^[50]通过感官分析结合GC-MS分析天然酵母和活性干酵母发酵黑比诺和霞多丽葡萄酒的香气,发现仪器分析与感官分析之间有一定相似性。Campo等^[29]将感官分析与GC-O结合起来分析马德拉葡萄酒的香气质量,感官评价小组由6女2男组成,均为实验室长期从事感官评价的经验丰富品尝员。并对品尝员进行专门培训,第一阶段,确定小组成员;第二、三阶段,讨论并确定不同香气标准的强度,并初步确定7个描述语;第四、五阶段,感官评价小组对每一描述语打分(未检出0分,弱、难以辨识1分,清晰但未强烈感觉2分,强烈感觉3分)。感官分析结果显示干果、烤面包可作为马德拉葡萄酒的描述符。这与GC-O分析结果显示4种马德拉葡萄酒含有丰富的焦糖内酯、苯乙醛和烤面包香气有一定联系。此外,Parr等^[39]采用SPME-GC-MS结合感官分析研究15种新西兰长相思葡萄酒特征香气。感官分析长相思葡萄酒具有生青味;仪器分析显示在15款长相思葡萄酒中均检出3-异丁基-2-甲氧基吡嗪(IBMP)和3-异丙基-2-甲氧基吡嗪(IPMP),而de Boubée等^[51]研究指出IBMP和IPMP在适当质量浓度时赋予葡萄酒生青味、青椒和植物香气,这与长相思葡萄酒的感官分析结果相同。Verzera等^[52]采用感官分析结合GC-MS分析意大利白葡萄酒的香气,GC-MS得到56个挥发性成分,同时定量分析主要成分乙基辛酸(香蕉、水果:257.2~541.6mg/L)、癸酸乙酯(果味、油性、花卉:171.8~272.0mg/L)含量。感官分析由10个训练有素的评价员完成,果味、香蕉、苹果和花卉可作为该酒的描述符。挥发性组分与香气的感官特性一致。

4 结语

仪器分析在香气研究中发挥的作用不言而喻,然而葡萄酒中的香气物质十分复杂,各种物质之间存在微妙的相互作用,虽然葡萄酒中已检出的挥发性成分高达1000多种,但各种挥发性成分的质量浓度是否对感官分析产生影响,以及所产生的是正面还是负面影响,各种物质单独存在与置身于复杂的葡萄酒体系中对感官的影响是否相同,这些难题不是仪器分析能够全部解决的,还需要借助感官评价。感官分析作为葡萄酒香气研究的经典方法,是目前任何先进仪器所无法替代的。随着葡萄酒感官分析研究的进一步加深,各种快速检测技术不断完善,将二者的优势结合,葡萄酒香气研究将更为灵敏、精确,这将为准确筛选出同一区域、同一品种葡萄酒的特征香气描述符,从而为建立葡萄酒地理标志及原产地保护提供重要依据。

参考文献:

- [1] 李华. 葡萄酒品尝学[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [2] 李华. WTO与中国葡萄酒的原产地域命名[J]. 中国酒, 2002(3): 8-10.
- [3] LOPES C, MELICIAS J, ALEIXO A, et al. Evaluation of the effects of soil and other geographical parameters on wine composition and flavor[J]. *Am J Enol Vitic*, 2002, 53(3): 248-249.
- [4] 李华. 我国原产地域产品与葡萄酒地理标志及保护[J]. 中国防伪, 2004(8): 7-9.
- [5] EBELER S E. Analytical chemistry: unlocking the secrets of wine flavor[J]. *Food Reviews International*, 2001, 17(1): 45-64.
- [6] GÓMEZ-MÍGUEZ M, CACHO J F, FERREIRA V, et al. Volatile components of Zalema white wines[J]. *Food Chemistry*, 2007, 100(4): 1464-1473.
- [7] ROCHA S M, RODRIGUES F, COUTINHO P, et al. Volatile composition of Baga red wine: assessment of the identification of the would-be impact odourants[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2004, 513(1): 257-262.
- [8] 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, 25(1): 99-104.
- [9] 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]. 自然科学报, 2007, 35(6): 83-88.
- [10] 李华, 胡博然, 张子林, 贺兰山东麓地区霞多丽干白葡萄酒香气成分的GC/MS分析[J]. 中国食品学报, 2004, 4(3): 72-75.
- [11] 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): 629-172.
- [12] 张明霞, 吴玉文, 段长青. 葡萄酒香气物质研究进展[J]. 中国农业科学, 2008, 41(7): 2098-2104.
- [13] GUTH H. Quantitation and sensory studies of character impact odorants of different white wine varieties[J]. *J Agric & Food Chem*, 1997, 45(8): 3027-3032.
- [14] SALA C, MESTRES M, MARTI M P, et al. Headspace solid-phase microextraction analysis of 3-alkyl-2-methoxypyridines in wines[J]. *J Chromatogr A*, 2002, 953(1/2): 1-6.
- [15] TOMINAGA T, BALTENWECK-GUYOT R, DES GACHONS C P, et al. Contribution of volatile to the aromas of white made from several *Vitis Vinifera* grape varieties[J]. *American Journal of Enology and Viticulture*, 2000, 51(2): 178-181.
- [16] VALERO E, MOYANO L, MILLAN M C, et al. Higher alcohols and esters production by *Saccharomyces cerevisiae*. Influence of the initial oxygenation of the grape must[J]. *Food Chemistry*, 2002, 78(1): 57-61.
- [17] SELLI S, CABAROGLU T, CANBAS A, et al. Volatile composition of red wine from cv. Kalecik Karasi grown in central Anatolia[J]. *Food Chemistry*, 2004, 85(2): 207-213.
- [18] MATEO J J, JIMENEZ M. Monoterpenes in grape juice and wines[J]. *J Chromatogr A*, 2000, 881(1/2): 557-567.
- [19] TRONCOSO A M, MORALES M L, BENITEZ B. Accelerated aging of wine vinegars with oak chips: evaluation of wood flavour compounds[J]. *Food Chemistry*, 2004, 88(2): 305-315.
- [20] CERDAN T G, ANCIN-AZPILICUETA C. Effect of oak barrel type on the volatile composition of wine: storage time optimization[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2006, 39(3): 199-205.
- [21] 陶永胜, 李华. 葡萄酒香气成分的仪器分析方法评述[J]. 科学导报, 2008, 26(24): 89-94.
- [22] GARCIAJARES C M, GARCIAMARTIN M S, CARROMARINO N, et al. GC-MS identification of volatile components of Galician (Northwestern Spain) white wine-application to differentiate Rias-Baixas wines from wines produced in nearby geographical regions[J]. *J Sci Food Agric*, 1995, 69(2): 175-184.
- [23] 成晓玲, 庄玉婷, 李艳. 气相色谱及气质联用在葡萄酒香气成分分析检测中的应用进展[J]. 酿酒科技, 2010(11): 83-86.
- [24] CAMPO E, CACHO J, FERREIRA V. Solid phase extraction, multidimensional gas chromatography massspectrometry determination of four novel aroma powerful ethyl esters assessment of their occurrence and importance in wine and other alcoholic beverages[J]. *J Chromatogr A*, 2007, 1140(1/2): 180-188.
- [25] 张国栋, 祁好琳, 胡博然. 银杏葡萄酒陈酿过程中香气成分的变化[J]. 食品科学, 2010, 31(8): 245-247.
- [26] 王兆科, 王咏梅, 于清芹, 等. 葡萄酒中氨基甲酸乙酸含量的分析[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 457-459.
- [27] PLUTOWSKA B, WARDENCKI W. Application of gas chromatography-olfactometry (GC-O) in analysis and quality assessment of alcoholic beverages: a review[J]. *Food Chemistry*, 2008, 107(1): 449-463.
- [28] 张青, 王锡昌, 刘源. GC-O在食品风味分析中的应用[J]. 食品科学, 2009, 30(3): 284-287.
- [29] CAMPO E, FERREIRA V, ESCUDERO A, et al. Quantitative gas chromatography-olfactometry and chemical quantitative study of the aroma of four Madeira wines[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2006, 563(1/2): 180-187.
- [30] 杜锋, 雷鸣. 电子鼻及其在食品工业中的应用[J]. 食品科学, 2003, 24(5): 161-163.
- [31] PLUTOWSKA B, WARDENCKI W. Aromagrams-aromatic profiles in the appreciation of food quality[J]. *Food Chemistry*, 2007, 101(2): 845-872.
- [32] 杨丽丽, 张岱, 方坚, 等. 电子鼻分析技术在葡萄酒检测中的应用[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2007(5): 48-50.
- [33] LOZANO J, ARROYO T, SANTOS J P, et al. Electronic nose for wine ageing detection[J]. *Sensor and Actuators B: Chemical*, 2008, 133(1): 180-186.
- [34] GARCIA M, FERNANDEZ M J, FONTECHA J L, et al. Differentiation of red wines using an electronic nose based on surface acoustic wave devices[J]. *Talanta*, 2006, 68(4): 1162-1165.
- [35] 刘宁, 马捷, 刘延琳. 电子鼻对酿酒酵母菌株产香特性的评价[J]. 食品科学, 2011, 32(2): 164-167.
- [36] The International Organization for Standardization. ISO 5492—1992 sensory analysis-vocabulary[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 1992.
- [37] BEHRENS J H, da SILVA P, AZEVEDO M A. Perfil sensorial de vinhos brancos varietais brasileiros através de análise descritiva quantitativa[J]. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 2000, 20(1): 60-67.
- [38] JUANOLA R, GUERRERO L, SUBIRA D, et al. Relationship between sensory and instrumental analysis of 2, 4, 6-trichloroanisole in wine and cork stoppers[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2004, 513(1): 291-297.
- [39] PARR W V, GREEN J A, GEOFFREY-WHITE K, et al. The distinctive flavour of New Zealand Sauvignon blanc: sensory characterization by wine professionals[J]. *Food Quality and Preference*, 2007, 18(6): 849-861.
- [40] 李华, 张莉, 王华, 等. 西拉干红葡萄酒香气感官特性描述语分析[J]. 食品科学, 2010, 31(17): 22-24.
- [41] CADOT Y, CAILLE S, SAMSON A, et al. Sensory dimension of wine typicality related to a terroir by quantitative descriptive analysis, just about right analysis and typicality assessment[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2010, 660(1/2): 53-62.
- [42] GARCIA-PARRILLA M C, TESFAYE W, MORALES M L, et al. Descriptive sensory analysis of wine vinegar: tasting procedure and reliability of new attributes[J]. *J Sens Stud*, 2010, 25(2): 216-230.
- [43] SCHWAN R F, DUARTE W F, DIAS D R, et al. Raspberry (*Rubus idaeus* L.) wine: yeast selection, sensory evaluation and instrumental analysis of volatile and other compounds[J]. *Food Research International*, 2010, 43(9): 2303-2314.
- [44] ESTI M, AIROLA R L G, MONETA E, et al. Qualitative data analysis for an exploratory sensory study of Grechetto wine[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2010, 660(1/2): 63-67.
- [45] GOMEZ-PLAZA E, CANO-LOPEZ M, BAUTISTA-ORTIN A B, et al. Sensory descriptive analysis of a red wine aged with oak chips in stainless steel tanks or used barrels: effect of the contact time and size of the oak chips[J]. *J Food Qual*, 2008, 31(5): 645-660.
- [46] FERNANDEZ-ZURBANO P, SAENZ-NAVAJAS M P, FERREIRA V, et al. Characterization of taste-active fractions in red wine combining HPLC fractionation, sensory analysis and ultra performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry detection[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2010, 673(2): 151-159.
- [47] 李华, 刘永强, 郭安鹊, 等. 运用多元统计分析确定葡萄酒感官特性的描述符[D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2007.
- [48] IRANZO J F U, MAGANA F G, VINAS M A G. Evaluation of the formation of volatiles and sensory characteristics in the industrial production of white wines using different commercial strains of the genus *Saccharomyces*[J]. *Food Control*, 2000, 11(2): 143-147.
- [49] RAPP A. Volatile flavour of wine: correlation between instrumental analysis and sensory perception[J]. *Nahrung-Food*, 1998, 42(6): 351-363.
- [50] MAMEDE M E O, CARDELLO H M A B, PASTORE G M. Evaluation of an aroma similar to that of sparkling wine: sensory and gas chromatography analyses of fermented grape musts[J]. *Food Chemistry*, 2005, 89(1): 63-68.
- [51] de BOUBÉE D R, CUMSILLE A M, PONS M, et al. Location of 2-methoxy-3-isobutylpyrazine in Cabernet Sauvignon grape bunches and its extractability during vinification[J]. *American society for Enology and Viticulture*, 2002, 53(1): 1-5.
- [52] VERZERA A, ZIINO M, SCACCO A, et al. Volatile compound and sensory analysis for the characterization of an Italian white wine from "Inzolia" grapes[J]. *Food Analytical Methods*, 2008, 1(2): 144-151.