

白酒风味特征研究进展

王励英¹, 史晓梅², 钱承敬^{2*}

(1. 中国分析测试协会, 北京 100045; 2. 中粮营养健康研究院, 北京市营养健康与食品安全重点实验室
营养健康与食品安全北京市重点实验室, 老年营养食品研究北京市工程实验室, 北京 102209)

摘 要: 白酒作为六大蒸馏酒之一, 有着悠久的历史。白酒酒体风味复杂, 种类多样, 富含多种风味化合物。近年来很多研究者尝试运用风味化学的研究手段解析不同种类白酒的风味成分特征, 从而表征不同工艺、产地白酒产品特征风味的轮廓。本文综述了国产白酒中风味物质研究方法的进展, 概述了萃取、顶空、固相微萃取等样品前处理技术及常用的检测仪器气相色谱质谱(gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS)、气相火焰离子化检测器(gas chromatography-flame ionization detector, GC-FID)、全二维气相质谱等在白酒风味研究中的应用进展。并对白酒风味检测与感官品评之间建立的联系和不同香型白酒风味化学的研究成果进行回顾。

关键词: 风味化学; 白酒; 香型; 色谱技术

Research progress of liquor flavor characteristics

WANG Li-Ying¹, SHI Xiao-Mei², QIAN Cheng-Jing^{2*}

(1. China Association for Instrumental Analysis, Beijing 100045, China; 2. COFCO Nutrition & Health Research Institute, Beijing Key Laboratory of Nutrition & Health and Food Safety, Beijing Engineering Laboratory of Geriatric Nutrition & Foods, Beijing 102209, China)

ABSTRACT: Liquor is one of the leading 6 distilled spirits, which has rich flavor and long history. Different abundant flavor compounds have been found in liquor. Recently many researchers use flavor chemistry research method to understand characteristics flavors in different type liquors. This paper reviewed the progress of research methods on flavor substances in domestic liquor, and summarized the sample pretreatment techniques such as extraction, headspace and solid phase microextraction, as well as the application of commonly used gas chromatography mass spectrometer, gas phase flame ionization detector, and full two-dimensional gas phase in the study of liquor flavor, and reviewed the relationship between liquor flavor detection and sensory evaluation and the research results of different flavor liquor chemistry.

KEY WORDS: flavor chemistry; liquor; aroma; chromatography technology

1 引 言

白酒作为我国国酒具有悠久的历史, 它是以粮食为主要原料通过蒸煮、糖化、发酵、蒸馏而制成的蒸馏酒, 是世界六大蒸馏酒之一。2016 年全国白酒产量累计 1358.4

万千升^[1], 同比增长 3.2%, 占据了我国酒精饮料市场中的重要部分。基于不同的发酵原料和工艺, 白酒具有丰富的香型及风味特色。自 1979 年行业内提出白酒香型的分类, 迄今为止中国白酒已有 12 种不同香型^[2]。其中包括人们耳熟能详的酱香型、浓香型、清香型 3 种基本香型, 还有根

*通讯作者: 钱承敬, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: qianchengjing@cofco.com

*Corresponding author: QIAN Cheng-Jing, Master, Senior Engineer, Nutrition & Health Research Institute, COFCO Corporation, Beijing Key Laboratory of Nutrition & Health and Food Safety, No.4 Road, Future Science Park South, Beijing, Changping District, Beijing 102209, China. E-mail: qianchengjing@cofco.com

据自身独特工艺糅合 2 种或多种香型衍生出的香型。各香型之间的关系如图 1 所示。然而, 白酒的风味和品种在不断创新, 消费者随着生活水平的提高对口味的需求也日趋多样化。仅仅依靠以香型为基础的感官评测方法来评价白酒的风味和质量渐渐显现出不足。首先, 各香型标准中采用“固化”的感官评述语, 难以对多样化的产品类型和丰富的风味特征进行客观形象表述; 其次, 由于无法量化等级间的差别, 感官结果难以作为研究的参考指标; 最后, 传统评价标准与产品设计以少数品酒师为主导, 无法代表消费者的口味偏好特点。近年来多种分析检测的方法被引入传统白酒酿造行业, 通过对主要风味化合物分析检测并结合理化指标, 为人工品评提供了数据支持, 有效弥补了品评方法中测试人员个体差异导致的结果偏差, 并极大的提高了白酒评价的准确性。

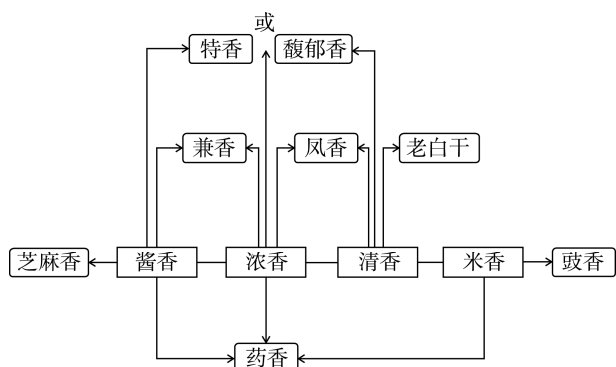


图 1 中国白酒的香型及衍生图^[2]

Fig.1 Chinese liquor and spirits flavor types and derivative relationship^[2]

白酒中水和乙醇占总质量的 98% 左右, 其余 2% 含量的微量风味物质决定了白酒不同的香型、口感和风味。根据文献报道^[3]白酒中已发现的风味化合物就已经达到 1500 多种, 不仅种类繁多而且不同的风味化合物含量范围分布非常广, 乙酸乙酯、己酸乙酯等主要风味含量通常为 10^{-3} g/mL 左右, 而其中土味素、 β -大马酮等化合物含量只有 10^{-9} g/mL 左右^[4,5], 但由于较低的阈值仍能对整体风味起到一定的影响。目前认为白酒中存在的物质组分主要包括醇类、酯类、酸类、羰基化合物类、芳香族类、杂环类、无机金属离子等几大类。醇类物质是白酒风味中醇甜和助香的来源, 也是酯类的前驱体, 是香与味连接的纽带; 酯类是香气的主体成分, 低分子酯类都带有特殊的芳香, 含量与比例影响酒体的典型风格; 酸类物质是形成白酒口味的重要成分, 是重要的协调成分或调和成分, 适量的有机酸能够增强白酒的口感和味道。乙醛、乙缩醛等对香气协调和风味的爽净方面起到重要的修饰作用。而微量复杂, 种类庞杂、含量低微, 构成不了主体香气特征, 只能在酒体风格的形成过程中起到烘托衬托的作用^[3]。由于不同的原材料、酿造工艺、制曲

方法及陈化时间不同, 白酒中风味物质的种类及含量各不相同, 因此衍生出各种口味的白酒产品。其中一些香型的特征风味物质已经能够被鉴别分析定量, 但大部分香型还难以确定其中的特征风味物质。本文对近 10 年来白酒风味化学中发现的风味物质及分析方法进展进行了梳理, 同时对不同香型白酒中已经发现的特殊风味化合物归纳总结, 以期为进一步推进白酒中风味化合物检测方法研究提供参考, 同时也为传统的白酒行业在整体食品工业升级的大环境下如何依靠现代化检验检测方法进一步提升产品质量稳定性提出一些建议。

2 白酒风味化学研究方法

2.1 白酒风味化学中常见的样品前处理方法

白酒中的风味物质种类繁多, 含量差异大, 化学性质也各不相同, 极性、沸点、溶解度、挥发性相差甚远, 因此不存在一种固定的前处理方式能同时分析所有的风味物质。直接进样法、液液萃取、固相萃取、固相微萃取、搅拌子吸附、超临界二氧化碳萃取等方法^[6]都被广泛应用于研究白酒中的风味物质。

直接进样法不需要借助其他设备, 样品通过微量进样器直接进入色谱柱, 最大程度保留了白酒中所有的组分。但因此样品中高浓度的乙醇致使基质效应明显, 与之极性相似的化合物很容易被高强度的乙醇峰掩盖导致无法准确测定, 如乙酸乙酯、乙缩醛、甲醇、丙酸乙酯等。同时直接进样法通常采用分流进样方式来减少水和乙醇的影响, 因此检出限较高, 低含量组分的灵敏度也会受到大幅度的影响^[7]。

液液萃取(liquid-liquid extraction, LLE)常用的有机溶剂有: 戊烷、乙醚、二氯甲烷等。通过待测物与基体在溶剂中不同的溶解度, 分离、去除样品基质保留待测组分。并通过氮吹浓缩样品提高分析灵敏度。该方法易于操作, 同时风味物质的回收率高, 适用于定量测定。但风味物质的组成、性质非常复杂, 在去除基质的同时一部分性质相似的化合物也被去除。王勇等^[8]通过改变样品 pH 值之后再萃取的方法将酒样品分为酸性组分、水溶性组分及中碱性组分, 分别分析其中的风味化合物组分, 其中碱性组分物质最为复杂。

顶空进样方式(headspace injection mode, HS)通过加热白酒样品促使低沸点的风味物质挥发, 将挥发物直接进样到气相色谱中。该方法针对的分析物为白酒中挥发性呈香物质, 避免了酒体样品中的基质干扰, 但酒精的沸点较低, 会影响低沸点化合物的测定, 而且未经过富集挥发物浓度低, 检出限较高^[9,10]。

固相萃取法(solid phase extraction, SPE)采用高效、高选择性的液相色谱固定相, 利用样品组分在固定相和洗脱相之间的分配平衡实现目标组分和样品基质的有效分离。

与传统萃取法相比固相萃取的方法操作简便,同时能显著减少萃取溶剂的用量,降低操作成本。该方法能有效的去除白酒样品中高浓度酒精的基体影响,定量测定的重复性好。缺点是萃取效率依赖固定相与分析物之间的极性差异,2 者极性越相近萃取效率越好,由于白酒风味物质种类众多,性质差异大,如何选择固相萃取柱能够最大化保留待测组分,需要实验优化^[11-13]。

固相微萃取(solid phase microextraction, SPME)和搅拌子吸附(stirrer adsorption, SBSE)的方法原理相似,均采用涂有高分子材料的萃取头,在样品、溶液或顶空和高分子涂层三相间建立萃取平衡以达到分离、富集待测组分的目的。操作简便,自动化程度高。常用的萃取头有聚丙烯酸酯(polyacrylate, PA),聚二甲基硅氧烷(polydimethylsiloxane, PDMS)和碳分子筛/二乙烯基苯/聚二甲基硅氧烷(divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane, DVB/CAR/PDMS)等^[14-17]。

超临界萃取(supercritical fluid extraction, SFE)是指利用超临界状态的流体溶解并分离样品基质中待测组分的预处理技术。当温度和压力同时超过物质的临界值,使之成为既非气体也非液体的超临界流体时,通过温度和压力条件的微调改变流体的密度、年度和扩散系数,来实现改变对样品组分不同的溶解度,达到萃取的目的。此方法自动化程度较高,易于实现与分析仪器的在线联用,但需要借助精密控制的仪器来达到高压下的条件细微改变,因此设备投入较高。常用的 SFE 物质包括二氧化碳、水、甲烷等^[18,19]。

2.2 白酒中风味物质的定性、定量方法

白酒中的风味成分十分复杂,其中占主要成分的是醇、酸、酮、酯类化合物,同时还含有醛类、芳香族化合物、酚类、呋喃、吡嗪等。而且各组分的浓度差异很大,乙酸乙酯通常在 g/L 含量范围,而其中土味素、 β -大马酮等化合物含量只有几个 $\mu\text{g/L}$ 但由于较低的阈值,在香味组成中仍旧占有较重要的地位。综合这些原因,没有一种单一的检测方法能够测定所有的风味物质。随着分析检测技术的发展,对白酒中风味物质成分的分析灵敏度及检出物质都有了很大的进展。目前广泛应用的检测技术主要是气相色谱分离待测样品中的复杂组分,通过不同针对性的检测器将待测组分——定性、定量。

气相火焰离子化检测器(gas chromatography-flame ionization detector, GC-FID)是白酒中最常用到的检测方法,FID 检测器对碳氢化合物有较好的响应及稳定的信号,因此适用于测定白酒样品中含量较高的风味物质如乙酸乙酯、丁酸乙酯、戊酸乙酯、己酸乙酯、乳酸乙酯、丙醇、丁醇等。国标 GB/T 10345-2007^[20]中规定的几种风味物质的测定均采用 GC-FID 的方法定量^[21]。

气相色谱质谱(gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS)检测方法有较高的灵敏度,通常用于测定低含量的化合物。对于常见的风味物质应用离子检测(selected ion

monitor, SIM)的检测方式,检出限可以达到 $\mu\text{g/mL}$ 数量级。同时通过标准谱图库的比对,质谱检测器还可以鉴定未知风味化合物的种类^[22,23]。

除了 GC-FID 和 GC-MS 这样的通用型检测器,火焰光度检测器(flame photometric detector, FPD)和氮磷检测器(nitrogen phosphorus detector, NPD)^[23]是针对含硫化合物和含氮化合物的检测器,它们有着很高的灵敏度和选择性,也常用于分析白酒风味物质中的硫、氮化合物^[24,25]。

近年来随着二维气相色谱技术的出现,越来越多的人开始尝试用全二维气相色谱分析白酒中的风味物质^[26-29]。通过极性与非极性柱二维展开极大的增加了峰容量,将原先无法在单一极性柱上分开的化合物峰进一步分离,同时质谱联用检测器进行分析定量^[30]。季克良等^[31]应用全二维-飞行气质联用检测仪(full two-dimensional-flying GC/MS detector, GC $\times$ GC/TOFMS)分析酱香型白酒得到近千种不同化合物峰。

不同香型白酒的风味特征来源于多种成分的贡献,每种风味物质单体的含量和感官阈值各不相同。为了找出每种化合物对风味的贡献气相色谱-嗅闻仪联用(gas chromatography-smelling apparatus, GC-O)的技术经常被用到^[32]。GC-O 的原理是在气相色谱柱末端安装一个分流口,将色谱柱完全分离的不同组分流出色按照一定的比例分别进入检测器通常使用的检测器为 FID 和质谱(mass spectrum, MS)及嗅闻端口,对比检测器得出的物质含量信息与感官评测的嗅闻强度与风味综合评价风味化合物的特征。结合不同的感官分析方法,如频率检测法、香味提取物稀释分析(aroma extract dilution analysis, AEDA)等,可以指出食品中大量挥发性成分中真正具有气味活性的成分和各气味成分在不同浓度下对整体气味的贡献大小,这些都是仅凭仪器检测难以达到的^[33-35]。

基于传感器技术发展起来的电子鼻技术是近年来发展最为迅速的气相分析和气体检测技术之一,它是利用对待测气体具有交叉敏感性的传感器阵列将待测气体中的混杂气味组分信息转化为与时间、成分、浓度或含量相关的可测物理信号组通过模式识别系统分析数字信号得到待测气体综合气味信息和隐含特征,实现对待测气体快速、准确的鉴别和分析。近年来电子鼻技术已经在白酒品牌鉴定、风味识别、酒龄检测等多个方面有了很多的应用研究。对比传统的分析技术它操作简便、快速,分析结果客观、准确,而且价格低廉。但该技术仅能对一种或几种特定气体识别,同时稳定性不足,对环境条件要求较高。距离大规模商业化应用尚有距离^[36,37]。

3 白酒风味化学的研究进展

从 20 世纪 60 年代开始对中国白酒风味化学的研究至今,随着检测技术的不断发展,目前可检测到的微量风味

物质接近 1500 种,包括酯类、醇类、酸类、醛类、酮类、缩醛类、芳香族化合物、吡嗪类、呋喃类、萜烯类、烃类、含氮化合物、含硫化合物等^[40-53]。同时 2009 年轻工业部开展我国白酒 169 计划,多名国家级和省级评酒委员对白酒风味化合物进行了评测、分析,共同确立了 79 种风味物质的阈值^[38]。结合风味化合物的阈值与测定得到的含量就可以计算每种不同风味化合物的香气活度。香味活度可以较为准确的评价风味物质对白酒整体香型的贡献度,从而确定主要风味化合物^[39]。在不同香型白酒特征风味物质上的研究也有长足的进展。其中浓香型和清香型白酒已经能够确定主体特征风味物质的种类及含量范围。其他香型由于口感丰富、风味物质复杂多样虽然经过大量的研究分析,对其中的特征风味物质还没有完全了解。

随着分析测试技术的发展,12 种香型中的一部分已经能够分辨出主体的风味化合物组成。范文来课题组^[55-57]对洋河大曲、五粮液、剑南春等典型的浓香型白酒利用 HS-SPME 结合 GC-MS 及 GC-O 的技术对其中的主要成香物质进行了研究,认为浓香型白酒的香气以酯类香气为主,己酸乙酯为关键的特征风味化合物。其中丁酸乙酯、戊酸乙酯、辛酸乙酯、己酸丁酯等酯类化合物也起到了重要的作用。邵燕等^[54]分析了 30 多种不同浓香型基酒样品中的 24 个风味物质,并用检测数据与感官品评结果建立回归模型,为如何利用风味物质的检测数据帮助白酒的勾兑、调味和成品酒感官评定积累了经验。清香型白酒中的重要风味化合物为乙酸乙酯和乳酸乙酯^[55-58]。2009 年史静霞^[59]采用 GC-O 结合 GC-MS 技术通过香气活度的评价,确定了典型的清香型汾酒中 8 种关键风味化合物:辛酸乙酯、 β -大马酮、己酸乙酯、乙缩醛、乙酸乙酯、2-甲基丁酸乙酯、3-苯丙酸乙酸、乙酸-3-甲基丁酯。2012 年范文来^[60]发现清香型汾酒中含有大量萜烯类化合物。酱香型白酒因采用高温大曲的生产工艺,微生物种类繁多,所产生的风味物质也较为复杂,虽然经过大量的不同品种白酒的研究,但其中特有的酱香味的关键化合物至今尚未确定。有研究认为四甲基吡嗪在茅台酒中含量高达 20 mg/kg 有可能是重要的香气成分,但这并不是酱香型酒共同特征,郎酒、迎春酒中四甲基吡嗪的含量均小于 1 mg/kg。还有人认为呋喃、吡喃类化合物是酱香型的关键风味物质,但均没有得到证实^[61-63]。孙棣等^[64]采用液相色谱串联质谱的方法准确定量了茅台酒中的 8 种吡嗪化合物,并将该方法运用到鉴别真假茅台酒中。2016 年李俊等^[30]运用全二维气相色谱飞行时间质谱研究酱香型白酒挥发性风味物质,对其中的 62 种风味化合物准确定性、定量。确定酱香型白酒挥发物中醇、酸、酯、醛的含量最高,占总检出成分的 90%左右,吡嗪、呋喃等杂环类化合物占总检出成分的 4%左右。苯乙醇、丙二醇、丁二醇、丁酸、己酸、乳酸乙酯和己酸乙酯分别为醇、酸、酯中含量最高的化合物。许佩勤专门研究

了酱香型白酒中的呋喃酮和吡喃酮物质的含量分布,并对比酱油中的此类物质,二者在此类化合物组成上存在重大差别^[62]。

对于其他香型的白酒也有很多的深入研究。张媛媛等^[65]对扳倒井芝麻香型白酒中含硫组分分析研究发现二甲基二硫、二甲基四硫醚、3-甲硫基丙醛、糠硫醛、二糠基二硫醚、二异丙基二硫和甲基甲烷硫代亚磺均能检出,同时通过 GC-O 验证其中糠硫醇具有咖啡、洋葱、烤香、芝麻油香味,二糠基二硫醚具有焙烤咖啡、芝麻香气与芝麻香型白酒的特征风味有较大的相关性。2010 年张五九等^[66]对豉香型九江白酒风味成分进行了研究,通过 HS-SPME 结合 GC-MS 定量 66 种风味物质,并应用离子色谱对酒体中的有机酸进行了分析测定。2008 年柳军等^[33]使用 GC-O 的技术对兼香型和浓香型白酒的风味化合物进行了比较。结果显示兼香型白酒除酯类香气外,芳香族化合物、酚类化合物以及杂环化合物的香气贡献更明显。范文来^[67]应用顶空固相微萃取联用气相色谱质谱的技术研究药香型白酒中的萜烯化合物,共定量出 41 种挥发性萜烯化合物,并对比大曲香醅、小曲酒醅、大曲曲药、小曲曲药以及蒸酒过程萜烯含量的变化,分析了不同工艺条件下药香型白酒风味变化的可能。

白酒生产工艺过程中经常会产生异味味道,对于这些气味也同样是风味化学研究的一个重要方面。周恒刚^[68]分析了白酒中存在的异杂味如糠味、臭气、油臭、霉味等,并分析了其来源和防治措施。二甲基二硫和二甲基三硫通常被认为是白酒中经常存在的异味物质,乔敏莎等^[69]2015 年通过 GC-MS 技术结合感官品评对比了高锰酸钾处理过的酱香型白酒,证明了二甲基二硫和二甲基三硫很可能是臭味的来源,并提出了工艺控制的建议。土味素是一种强烈土腥味的化合物,通常产生于微生物代谢,在制曲、窖藏的过程中也有可能产生,致使成品酒中出现异嗅。房海珍等^[70]针对凤香型白酒大曲制曲过程中土味素的含量变化进行研究,最终确定了土味素是由特定的白色链霉菌代谢产生。白酒中的异嗅还有很多种,公开报道发现确认的化合物只有几种。因此充分认识异嗅气味,解析异嗅化合物还需要继续深入的研究。

4 总结与展望

白酒风味化学虽然已经有了很多的研究,取得了一些进展,但远未达到完全剖析风味化合物的目的,距离真正应用到生产中代替人工品评,评价酒体质量,开发新产品还有很长的一段距离。本文综述了国产白酒中风味物质研究方法的进展,对白酒风味检测与感官品评之间建立的联系和不同香型白酒风味化学的研究成果回顾。针对白酒不同香型特征风味组分研究,至今为止 12 种香型只有风味组分较简单的浓香型和清香型白酒中的关键风味物质确

认并被业内广泛认可,其余香型仍旧只能依靠感官评价,分析检测的数据仅能作为参考。虽然通过 GC-MS 等检测方法已经能确认上千种白酒中的微量风味成分物质,但很多阈值非常低达到 ng/L 以下的风味物质由于含量低于方法检出限还不能被人们所认知。因此白酒风味物质的分析研究还有着深远的空间,相信随着分析检测技术的不断发展,大量研究数据的产生结合统计学手段会将不同白酒香型的成分组成一步步清晰的展现在我们面前。

参考文献

- [1] 王延才, YUE Y. 中国酒业协会第五届理事会第五次(扩大)会议工作报告[J]. 酿酒科技, 2017, (5): 17-30.
Wang YC, YUE Y. Report on the work of the fifth (expanded) meeting of the fifth council of china alcoholic drinks association [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2017, (5): 17-30.
- [2] 余乾伟. 传统白酒酿造技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013.
Yu QW. Traditional liquor brewing technology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2013.
- [3] 汤道文, 谢玉球, 朱法余, 等. 白酒中的微量成分及与白酒风味技术发展的关系[J]. 酿酒科技, 2010, (5): 78-81.
Tang DW, Xie YQ, Zhu FY, *et al.* Relations between microconstituents in liquor and the development of liquor flavor techniques [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2010, (5): 78-81.
- [4] Wang X, Fan W, Xu Y. Comparison on aroma compounds in Chinese soy sauce and strong aroma type liquors by gas chromatography-olfactometry, chemical quantitative and odor activity values analysis [J]. Eur Food Res-Technol, 2014, 239(5): 813-825.
- [5] Du H, Fan W, Xu Y. Characterization of geosmin as source of earthy odor in different aroma type Chinese liquors [J]. J Agric Food Chem, 2011, 59(15): 8331-8337.
- [6] 王莉. 现代仪器分析在白酒行业中的应用和前景展望[J]. 酿酒, 2006, (5): 28-32.
Wang L. Application and prospect of modern instrumental analysis in liquor industry [J]. Liquor Making, 2006, (5): 28-32.
- [7] 李春红. 气相色谱分析方法的建立及其在分离酒风味物质中的应用[D]. 大连: 大连工业大学, 2008.
Li CH. Gas chromatographic analysis method and application in separation of liquor flavoring component [D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2008.
- [8] 王勇, 范文来, 徐岩, 等. 液液萃取和顶空固相微萃取结合气相色谱-质谱联用技术分析牛栏山二锅头酒中的挥发性物质[J]. 酿酒科技, 2008, (8): 99-103.
Wang Y, Fan WL, Xu Y, *et al.* Analysis of volatile compounds in niulanshan erguotou liquor by liquid-liquid extraction and headspace solid phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2008, (8): 99-103.
- [9] 任红波. 白酒中香味物质的顶空—气相色谱/质谱联用分析[J]. 酿酒, 2008, (5): 50-51.
Ren HB. Headspace-gas chromatography/mass spectrometry analysis of aroma substances in liquor [J]. Liquor Making, 2008, (5): 50-51.
- [10] 张建, 张倩, 黄家岭, 等. 静态顶空-气相色谱法测定酱香型白酒中挥发性香气成分研究[J]. 酿酒科技, 2014, (9): 104-106.
Zhang J, Zhang Q, Huang JL, *et al.* Determination of volatile aroma components in jiang-flavor liquor by static headspace-gas chromatography [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2014, (9): 104-106.
- [11] 聂庆庆, 徐岩, 范文来. 固相萃取结合气相色谱-质谱技术定量白酒中的 γ -内酯[J]. 食品与发酵工业, 2012, (4): 159-164.
Nie QQ, Xu Y, Fan WL. Quantitative determination of γ -lactone in liquor by solid phase extraction combined with gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Ferment Ind, 2012, (4): 159-164.
- [12] 王健, 艾涛波, 岳清洪. 固相萃取和同位素内标法检测白酒中氨基甲酸乙酯[J]. 中国酿造, 2015, (1): 115-117.
Wang J, Ai TB, Yue QH. Determination of ethyl carbamate in liquor by solid phase extraction and isotope internal standard method [J]. China Brewing, 2015, (1): 115-117.
- [13] Javier GS, Bárbara SR, Javier HB. Analytical methods for the determination of phthalates in food [J]. Current Opinion Food Sci, 2018, (22): 122-136.
- [14] 张明霞, 赵旭娜, 杨天佑, 等. 顶空固相微萃取分析白酒香气物质的条件优化[J]. 食品科学, 2011, (12): 49-53.
Zhang MX, Zhao XN, Yang TY, *et al.* Optimization of headspace solid phase microextraction for the analysis of liquor aroma substances [J]. Food Sci, 2011, (12): 49-53.
- [15] Sun JY, Li QY, Luo SQ, *et al.* Characterization of key aroma compounds in meilanchun sesame flavor style liquor and spirits by application of aroma extract dilution analysis, quantitative measurements, aroma recombination, and omission/addition experiments [J]. Rsc Ad, 2018, (8): 23757-23767.
- [16] Jiao J, Li K, Li SP, *et al.* Analysis of volatile compounds in fermented chinese jujube wine by headspace solid phase micro-extraction and gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry [J]. Food Sci, 2017, 38(4): 197-203.
- [17] 蒋玉洁, 申明月, 谢明勇, 等. 固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术分析四特酒香气成分[J]. 食品工业科技, 2016, 37(4): 92-96.
Jiang YJ, Shen MY, Xie MY, *et al.* Solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry technology to analyze aromatic constituents in Si-Te liquor [J]. Sci Technol Food Ind, 2016, 37(4): 92-96.
- [18] Xu HG, Xu X, Tao YD, *et al.* Optimization by response surface methodology of supercritical carbon dioxide extraction of flavor compounds from Chinese liquor vinasse [J]. Flavour Fragrance J, 2015, 30(4): 275-281.
- [19] 钟铮铮. 超临界 CO_2 萃取白酒丢糟中风味物质的工艺研究[J]. 食品工程, 2017, (1): 44-47.
Zhong ZZ. Supercritical CO_2 extraction liquor vinasse flavor components in the research process [J]. Food Eng, 2017, (1): 44-47.
- [20] GB/T 10345-2007 国家标准 白酒分析方法[S].
GB/T 10345-2007 National standard-Analytical method of liquor and spirits [S].
- [21] 向双全, 张志刚. GC-FID 快速分析浓香型白酒中的主要成分[J]. 酿酒科技, 2012, (3): 92-93.
Xiang SQ, Zhang ZG. Rapid analysis of main compositions of Luzhou-flavor liquor by GC-FID [J]. Liquor-making Sci Technol, 2012, (3): 92-93.
- [22] 臧光楼, 司波, 姜雪, 等. 不同前处理方式下 GC-MS 法分析白酒中微量成分[J]. 酿酒, 2011, (4): 53-56.
Zang GL, Si B, Jiang X, *et al.* GC-MS analysis of the liquor under

- different pretreatment methods [J]. *Liquor Making*, 2011, (4): 53–56.
- [23] 袁瀚, 易彬, 沈才萍. 应用 GC-MS 对两种原粮酿造的浓香型白酒挥发性化合物的分析[J]. *酿酒科技*, 2014, (3): 44–46, 49.
- Yuan H, Yi B, Shen CP. Analysis of volatile compounds by GC/MS in nong-xiang type liquor and spirits (liquor) produced by different grains [J]. *Liquor-making Sci Technol*, 2014, (3): 44–46, 49.
- [24] 孙啸涛, 张锋国, 董蔚, 等. 芝麻香白酒中 3-甲硫基丙醇的 GC-FPD 分析[J]. *食品科学技术学报*, 2014, (5): 27–34.
- Sun XT, Zhang FG, Dong W, *et al.* GC-FPD analysis of 3-methylthiopropanol in sesame-flavor liquor [J]. *J Food Sci Technol*, 2014, (5): 27–34.
- [25] 王柏文, 李贺贺, 张锋国, 等. 应用液-液萃取结合 GC-MS 与 GC-NPD 技术对国井芝麻香型白酒中含氮化合物的分析[J]. *食品科学*, 2014, (10): 126–131.
- Wang BW, Li HH, Zhang FG, *et al.* Analysis of nitrogen-containing compounds of guojing sesame-flavour liquor by liquid-liquid extraction coupled with G-C-MS and GC-NPD [J]. *Food Sci*, 2014, (10): 126–131.
- [26] 周庆伍, 徐祥浩, 汤有宏, 等. 基于全二维气相色谱-飞行时间质谱分析技术同时测定白酒中 10 种吡嗪类物质[J]. *安徽农业科学*, 2015, (26): 354–355, 368.
- Zhou QW, Xu XH, Tang YH, *et al.* Simultaneous testing 10 pyrazines in liquor by two comprehensive dimensional gas chromatography-time of flight mass [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2015, (26): 354–355, 368.
- [27] 徐占成, 陈勇, 王双. 利用全二维气质联用技术和吸附搅拌萃取技术对中国名酒剑南春酒风味质量特色的研究[J]. *酿酒*, 2012, 39(5): 6–8.
- Xu ZC, Chen Y, Wang S. A study on the body flavor and quality characteristics of Jiannanchun, a famous Chinese liquor, was carried out by two-dimensional gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and adsorption-stirring extraction [J]. *Liquor Making*, 2012, 39(5): 6–8.
- [28] 肖雪, 陈啸天, 钱沉鱼, 等. 全二维气相色谱技术在酒类挥发性化学成分检测中的应用[J]. *中国酿造*, 2019, 38(3): 5–9.
- Xiao X, Chen XT, Qian CY, *et al.* Application of comprehensive two-dimensional gas chromatography in the analysis of flavor chemical components for alcoholic drink [J]. *China Brewing*, 2019, 38(3): 5–9.
- [29] 王双. 利用全二维气质联用仪对剑南春白酒中吡嗪类生理活性物质的研究[J]. *酿酒*, 2016, 43(5): 49–50.
- Wang S. Research on pyrazine in jiannanchun liquor by GC×GC-TOFMS [J]. *Liquor Making*, 2016, 43(5): 49–50.
- [30] 李俊, 王震, 郭晓关, 等. 基于全二维气相飞行时间质谱联用法分析贵州酱香型白酒挥发性风味成分[J]. *酿酒科技*, 2016, (12): 102–106.
- Li J, Wang Z, Guo XG, *et al.* Analysis of volatile flavoring components in Guizhou jiangxiang liquor and spirits by two comprehensive dimensional gas chromatography-time of flight mass spectrometry [J]. *Liquor-Making Sci Technol*, 2016, (12): 102–106.
- [31] Xiang ZM, Cai K, Liang GL, *et al.* Analysis of volatile flavour components in flue-cured tobacco by headspace solid-phase microextraction combined with GC×GC-TOFMS [J]. *Anal Methods*, 2014, (6): 3300–3308.
- [32] 季克良, 郭坤亮, 朱书奎, 等. 全二维气相色谱/飞行时间质谱用于白酒微量成分的分析[J]. *酿酒科技*, 2007, (3): 100–102.
- Ji KL, Guo KL, Zhu SK, *et al.* Analysis of microconstituents in liquor by full two-dimensional gas chromatography/time of flight mass spectrum [J]. *Liquor-Making Sci Technol*, 2007, (3): 100–102.
- [33] Zhao D, Shi D, Sun J, *et al.* Characterization of key aroma compounds in Gujingong Chinese liquor and spirits by gas chromatography-olfactometry, quantitative measurements, and sensory evaluation [J]. *Food Res Int*, 2018, 105: 616–627.
- [34] Sun J, Li Q, Luo S, *et al.* Characterization of key aroma compounds in meilanchun sesame flavor style liquor and spirits by application of aroma extract dilution analysis, quantitative measurements, aroma recombination, and omission/addition experiments [J]. *Rsc Adv*, 2018, 8(42): 23757–23767.
- [35] 王然, 李蕊, 宋焕禄. GC-O-MS 对比两种浓香型白酒中的挥发性成分[J]. *北京工商大学学报(自然科学版)*, 2012, 30(1): 41–45.
- Wang R, Li R, Song HL. Comparison of volatile compounds from two kinds of luzhou-flavor liquor by GC-O-MS [J]. *J Beijing Technol Business Univ (Nat Sci Ed)*, 2012, 30(1): 41–45.
- [36] 李静, 宋飞虎, 浦宏杰, 等. 基于电子鼻的白酒品质检测[J]. *食品与发酵工业*, 2015, 41(4): 160–164.
- Li J, Song FH, Pu HJ, *et al.* Quality inspection of Chinese liquor based on electronic nose [J]. *Food Ferment Ind*, 2015, 41(4): 160–164.
- [37] 门洪, 张晓婷, 丁力超, 等. 基于电子鼻/舌融合技术的白酒类别辨识[J]. *现代食品科技*, 2016, (5): 283–288.
- Men H, Zhang XT, Ding LC, *et al.* Sensor fusion of electronic nose and tongue for identification of Chinese liquors [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2016, (5): 283–288.
- [38] 范文来, 徐岩. 白酒 79 个风味化合物嗅觉阈值测定[J]. *酿酒*, 2011, 34(4): 80–84.
- Fan WL, Xu Y. Determination of odor thresholds of volatile aroma compounds in liquor and spirits by a forced-choice ascending concentration series method of limits [J]. *Liquor Making*, 2011, 34(4): 80–84.
- [39] 郭兆阳, 刘明, 钟其顶, 等. 主成分分析 OAV 值评价白酒风味组分的研究[J]. *食品工业*, 2011, (7): 79–83.
- Guo ZY, Liu M, Zhong QD, *et al.* The Study of Chinese liquor flavor and aroma components [J]. *Food Ind*, 2011, (7): 79–83.
- [40] 周庆伍, 李安军, 汤有宏, 等. 基于全二维气相色谱-飞行时间质谱对古井贡酒风味成分的剖析研究[J]. *酿酒*, 2016, 43(2): 75–81.
- Zhou QW, Li AJ, Tang YH, *et al.* Research on volatile flavor components in Gujing gongjiu liquor by two comprehensive dimensional gas chromatography-time of flight mass [J]. *Liquor Making*, 2016, 43(2): 75–81.
- [41] 周庆云. 芝麻香型白酒风味物质研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015.
- Zhou QY. Study on flavor substances of sesame-flavored liquor [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2015.
- [42] 徐岩. 基于风味导向技术的中国白酒微生物及其代谢调控研究[J]. *酿酒科技*, 2015, (2): 1–11, 16.
- Xu Y. Study on liquor-making microbes and the regulation & control of their metabolism based on flavor-oriented technology [J]. *Liquor-Making Sci Technol*, 2015, (2): 1–11, 16.
- [43] 周新虎, 陈翔, 李磊, 等. 洋河绵柔型白酒风味特征成分与人体健康关系研究[J]. *酿酒科技*, 2014, (11): 31–34.
- Zhou XH, Chen X, Li L, *et al.* The relationship between the flavoring components of soft-type Yanghe daqu and people's health [J]. *Liquor-Making Sci Technol*, 2014, (11): 31–34.

- [44] 蔡鹏飞, 邵传贞, 张娜, 等. 芝麻香白酒特征风味物质的猜想[J]. 酿酒, 2014, 41(5): 76–78.
Cai PF, Zhao CZ, Zhang N, *et al.* The conjecture for characteristic flavor compounds of sesame flavor liquor [J]. *Liquor Making*, 2014, 41(5): 76–78.
- [45] 韩兴林, 潘学森, 刘民万, 等. 云门酱香型白酒风味特征的分析研究[J]. 酿酒科技, 2014, (10): 6–8.
Han XL, Pan XS, Liu MW, *et al.* Analysis of the flavoring components of Yunmen jiangxiang liquor and spirits (liquor) [J]. *Liquor-Making Sci Technol*, 2014, (10): 6–8.
- [46] 汪玲玲. 酱香型白酒微量成分及大曲香气物质研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
Wang LL. Study on trace components of Maotai-flavor liquor and aroma substances of Daqu [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.
- [47] 吕云怀, 王莉, 汪地强, 等. 不同香型白酒大曲风味物质与其产品风格特征关系的分析[J]. 酿酒科技, 2012, (7): 72–75.
Lv YH, Wang L, Wang DQ, *et al.* Analysis of the relationship between Daqu flavor substances and product style characteristics of different flavor liquors [J]. *Liquor-Making Sci Technol*, 2012, (7): 72–75.
- [48] 徐岩, 范文来, 吴群. 清香类型原酒共性与个性成分分析及形成机理研究[J]. 酿酒, 2012, 39(1): 107–112.
Xu Y, Fan WL, Wu Q. Determination and mechanism of common and typical characteristics flavor of Chinese light aroma style liquors [J]. *Liquor Making*, 2012, 39(1): 107–112.
- [49] 郭兆阳. 感官与化学统计分析技术剖析白酒风味物质[D]. 济南: 山东轻工业学院, 2011.
Guo ZY. Analysis of liquor flavor substances by sensory and chemical statistical analysis [D]. Ji'nan: Shandong Institute of Light Industry, 2011.
- [50] 王传荣. 白酒的香型及其风味特征研究[J]. 酿酒科技, 2008, (9): 49–52.
Wang CR. Research on liquor flavor types & their flavoring characteristics [J]. *Liquor-Making Sci Technol*, 2008, (9): 49–52.
- [51] 徐占成. 二十一世纪中国白酒科技与酒体风味特征的发展趋势[J]. 江西食品工业, 2005, (4): 53–55.
Xu ZC. Development trend of Chinese liquor science and technology and liquor body flavor characteristics in the 21st Century [J]. *Jiangxi Food Ind*, 2005, (4): 53–55.
- [52] 徐占成, 徐姿静. 低度名优白酒风味特征稳定性的研究[J]. 酿酒科技, 2003, (1): 23–25.
Xu ZC, Xu ZJ. Research on the stability of flavor characteristics of famous low alcohol liquors [J]. *Liquor-Making Sci Technol*, 2003, (1): 23–25.
- [53] 彭智辅, 赵东, 郑佳, 等. 现代风味化学技术比较低度与高度五粮液的风味特征[J]. 酿酒科技, 2018, 294(12): 7–12.
Peng ZF, Zhao D, Zheng J, *et al.* Comparison of flavor characteristics between low-alcohol and high-alcohol Wuliangye by using modern flavor chemistry technology [J]. *Liquor-Making Sci Technol*, 2018, 294(12): 7–12.
- [54] 邵燕, 张宿义, 祝成, 等. 浓香型白酒风味物质与感官评定相关性研究[J]. 中国酿造, 2012, 31(8): 92–95.
Shao Y, Zhang XY, Zhu C, *et al.* Study on the correlation of flavor of Luzhou-flavor liquor with sensory evaluation [J]. *China Brewing*, 2012, 31(8): 92–95.
- [55] Fan W, Qian MC. Headspace solid phase microextraction (HS-SPME) and gas chromatography olfactometry dilution analysis of young and aged Chinese ‘YangheDaqu’ liquors [J]. *J Sci Food Agric*, 2005, 53(20): 7931–7938.
- [56] Fan W, Qian MC. Identification of aroma compounds in Chinese ‘YangheDaqu’ liquor by normal phase chromatography fractionation followed by gas chromatography/olfactometry [J]. *Flavour Fragrance J*, 2006, 21(2): 333–342.
- [57] Fan W, Qian MC. Characterization of aroma compounds of Chinese ‘Wuliangye’ and ‘Jiannanchun’ liquors by aroma extract dilution analysis [J]. *J Agric Food Chem*, 2006, 54(7): 2695–2704.
- [58] 聂庆庆, 范文来, 徐岩, 等. 洋河系列绵柔型白酒香气成分研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(12): 68–74.
Nie QQ, Fan WL, Xu Y, *et al.* Identification of aroma compounds of supple and mellow aroma style liquors of Yanghe series [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2012, 33(12): 68–74.
- [59] 史静霞. 中国清香型汾酒风味物质剖析技术体系及关键风味物质研究[J]. 酿酒, 2009, 36(4): 83–84.
Shi JX. Establishment of analytical technique system and study on key flavor substances of Chinese fen-flavor liquor [J]. *Liquor Making*, 2009, 36(4): 83–84.
- [60] 范文来, 徐岩. 清香类型原酒共性与个性成分[J]. 酿酒, 2012, 39(2): 14–22.
Fan WL, Xu Y. Volatile of aroma compounds from light aroma type liquors [J]. *Liquor Making*, 2012, 39(2): 14–22.
- [61] 李习, 方尚玲, 刘超, 等. 酱香型白酒风味物质主体成分研究进展[J]. 酿酒, 2012, (3): 19–23.
Li X, Fang SL, Liu C, *et al.* Research progress of the main flavor substances in Maotai-flavor [J]. *Liquor Making*, 2012, (3): 19–23.
- [62] 许佩勤, 方毅斐, 庄俊钰, 等. 白酒中吡嗪、呋喃类化合物的分析方法研究[J]. 食品与发酵科技, 2017, 53(2): 85–93.
Xu PQ, Fang YF, Zhuang JY, *et al.* Study on the analytical methods of pyrazines and furans in liquor [J]. *Sichuan Food Fermentation*, 2017, 53(2): 85–93.
- [63] 孙时光, 左勇, 张晶, 等. 酱香型白酒中的风味物质及功效[J]. 中国酿造, 2017, 36(12): 10–13.
Sun SG, Zuo Y, Zhang J, *et al.* Flavor substances and function of Moutai-flavor liquor and spirits [J]. *China Brewing*, 2017, 36(12): 10–13.
- [64] 孙棣, 赵贵斌, 杨波. 酱香型白酒中吡嗪类化合物的检测及特点[J]. 中国酿造, 2015, 34(12): 162–166.
Sun L, Zhao GB, Yang B. Detection of pyrazine compounds in moutai-flavor China Liquor and spirits and its characteristics [J]. *China Brewing*, 2015, 34(12): 162–166.
- [65] 张媛媛, 孙金沅, 张国锋, 等. 扳倒井芝麻香白酒中含硫风味成分的分析[J]. 中国食品学报, 2012, 12(12): 173–179.
Zhang YY, Sun JR, Zhang GF, *et al.* Determination of sulfur compounds in Bandaoling sesame flavor liquor [J]. *J Chin Ins Food Sci Technol*, 2012, 12(12): 173–179.
- [66] 张五九, 何松贵, 韩兴林, 等. 豉香型白酒风味成分分析研究[J]. 酿酒科技, 2010, (12): 58–64.
Zhang WJ, He SG, Han XL, *et al.* Analysis of flavor components of soybean-flavor liquor [J]. *Liquor-Making Sci Technol*, 2010, (12): 58–64.
- [67] 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.

Fan WL, Hu GY, Xu Y. Quantification of volatile terpenoids in chinese medicinal liquor using headspace-solid phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Sci, 2012, 33(14): 110–116.

[68] 周恒刚, 徐占成. 白酒品评与勾兑[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2004.

Zhou HG, Xu ZC. Liquor appraisal and blending [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2004.

[69] 乔敏莎, 赵树欣, 梁慧珍, 等. 酱香白酒中两种异嗅物质鉴定的研究[J]. 酿酒科技, 2015, (3): 43–46.

Qiao MS, Zhao SX, Liang HZ, *et al.* Identification of two odor compounds in Jiangxiang liquor and spirits (liquor) [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2015, (3): 43–46.

[70] 房海珍, 闫宗科, 付万绪, 等. 传统凤型大曲中异嗅味物质——土味素的研究[J]. 酿酒, 2016, (6): 56–60.

Fang HZ, Yan ZK, Fu WX, *et al.* The research on bad flavor substances of

geosmin in traditional feng-flavor Daqu [J]. Liquor Making, 2016, (6): 56–60.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



王励英, 硕士, 主要研究方向为分析测试市场分析。

E-mail: liying.wang@caia.org.cn



钱承敬, 硕士, 主要研究方向为食品安全检验。

E-mail: qianchengjing@cofco.com

“食源性致病微生物”专题征稿函

食源性疾病是指通过摄食而进入人体的有毒有害物质(包括生物性病原体)等致病因子所造成的疾病。近年来,由食源性致病微生物污染食物导致中毒或死亡事件在全球频发,食源性致病微生物引起的疾病已成为危害人类健康的头号杀手。食源性疾病的发病率居各类疾病总发病率的前列,是当前世界上最突出的公共健康卫生问题。

鉴于此,本刊特策划“食源性致病微生物”专题,由上海交通大学施春雷教授担任专题主编,主要围绕**食源性致病微生物新型快速检测技术、食源性致病微生物的分离与检测、食源性致病微生物的毒力与耐药性、食源性致病微生物风险评估、食源性致病微生物的监测与风险控制与监测分析、食源性致病微生物防控与风险评估**等展开论述和研究。本专题计划在 2020 年 1 月正刊出版。

鉴于您在该领域丰富的研究经历和突出的学术造诣,主编吴永宁技术总师及专题主编施春雷教授特别邀请您为本专题撰写稿件,综述、研究论文、研究简报均可,以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在 2019 年 12 月 1 日前通过网站或 Email 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下,再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式: 注明“**食源性致病微生物**”专题

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部