

风味技术导向白酒酿造基础研究的进展

徐岩 范文来 吴群 王海燕

(江南大学酿酒科学与酶技术中心, 酿造微生物与应用酶学实验室, 江苏 无锡 214122; 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学教育部工业生物技术重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘要: 介绍了在以风味导向技术为学术思想指导下, 中国白酒酿造基础研究的最新进展, 包括对中国白酒的风味化合物、特征风味化合物、功能微生物等基础和应用的相关研究。近年, 中国白酒研究成果系统地将白酒的微量组分研究从微量组分研究的分析化学层面提升到对风味化合物认识的风味化学层面; 从传统微生物学研究进入到分子微生物学的层面, 从经验性的应用工作延伸到探索中国白酒自身酿造规律的应用研究层面。建立的风味定向分析技术对于丰富我国白酒风味的理论和实践有着重要价值, 将推动中国白酒新一轮的技术跨越和进步。

关键词: 风味技术; 白酒酿造; 基础研究

中图分类号: Q93-3; TS262.3; TS261.4; TS971 文献标识码: A 文章编号: 1001-9286(2012)01-0017-07

Research Advance in Flavor-oriented Analytic Technology for Liquor-making

XU Yan, FAN Wenlai, WU Qun and WANG Haiyan

(Lab of Brewing Microbiology and Applied Emzymology, Center for Brewing Science and Enzyme Technology, Key Lab of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract: The latest research advance in flavor-oriented analytic technology for liquor-making was introduced including the research on basic application of flavoring compounds in liquor, characteristic flavoring compounds in liquor, and functional microbes etc. In recent years in China, the research on liquor has upgraded systematically from previous analytical chemistry (research on liquor trace compositions) to flavor chemistry (research on liquor flavoring compounds), from traditional microbiology research to molecular microbiology research, from original empirical application to the exploration on intrinsic liquor-making rules. The development of flavor-oriented analytic technology is of important values in perfecting the theories and the practice of liquor flavor, which would surely advance a new round of technical breakthrough and technical progress in liquor-making industry.

Key words: flavor-oriented analytic technology; liquor-making; basic research

自2004年以来,中国白酒的产量一直处于快速增长阶段,2010年已经达到890万kL,并且依然保持强劲的上升势头。尽管中国白酒的每一次发展都推动了白酒生产技术的进步^[1-2]。例如:1950~1960年组织的以总结传统经验为特征的全国大规模的白酒试点研究,包括茅台试点、汾酒试点和泸州老窖试点。其中泸州老窖试点窖底香的发现,即浓香型大曲酒的主体香成分——己酸乙酯,形成了人工老窖技术,并在全国推广,全面提升了浓香型白酒的品质。20世纪70年代白酒机械化改革、80~90年代现代气相色谱和先进的勾调技术在酒厂推广应用都对白酒的技术进步起到了极大的推动作用。但是,由于中国白酒酿造独特的群体微生物和固态发酵等特征和复杂

性,目前粗放的传统经验式操作模式使产品在品质稳定性等方面所暴露出的问题始终没有得到解决,加上传统酿造效率不高等因素都影响着大规模工业化和现代化的发展^[3]。究其原因还是至今对传统酿造的机理和机制并不十分清楚,对世界上这种独特酿造科学理论与技术体系的建立不够完整。以“中国白酒169计划”实施和开展的对中国白酒酿造机理的基础和应用基础的研究,则是这一次中国白酒快速发展所带动的白酒技术发展的必然趋势和典型特征。

2007年,在中国酿酒工业协会白酒技术委员会的支持下,江南大学作为技术依托来负责与茅台、五粮液、洋河、汾酒、剑南春、郎酒、今世缘、口子窖、老白干、牛栏山

基金项目:中国白酒169计划、国家支撑计划重点项目(2007BAK36B02, 2008BAI63B06)、国家重点实验室目标导向课题(SKLF-MB-200801)、国家自然科学基金(NSFC 31000806, 3047006, 20872050)。

收稿日期:2011-12-28

作者简介:徐岩,男,博士,教授,博士生导师,江南大学酿酒科学与酶技术中心主任、工业生物技术教育部重点实验室主任、教育部新世纪优秀人才、教育部“长江学者和创新团队发展计划”团队带头人,获得国务院政府特殊津贴、全国优秀教师、江苏省有突出贡献专家称号,发表学术论文150余篇,获授权专利15项。

二锅头、古贝春、西凤等 12 家不同香型行业骨干企业共同参与开展的“中国白酒 169 计划”研究。该研究在继承中国白酒研究成功经验的基础上,采用当今国际风味化学、微生物生态学和现代生物技术发展的最新理论和技术,提出风味导向技术为原则的学术思想,形成了风味定向为特点的方法学,开启中国白酒新一轮创新性的研究。通过集中针对中国白酒的特征风味、中国白酒的风味功能微生物、中国白酒的风味化合物阈值、中国白酒的贮存老熟和中国白酒的健康成分进行全面研究^[3-31],目标是对影响中国白酒产品质量和生产效率的酿造关键共性技术以及在酿造机理上的探索方面取得新的发现和突破,推动白酒的技术创新来支撑中国白酒行业的技术升级和传统产业的改造。

风味导向技术的定义:采用现代风味化学和分析化学理论,从白酒中上千种微量成分中发现和确定对白酒具有风味贡献度的物质——风味化合物;发现并确认关键风味和异嗅(味)物质的化学本质;研究关键风味和异嗅(味)物质的形成机制、机理和途径。通过风味化合物的指向形成功能微生物高通量筛选技术、风味化合物发酵调控技术、风味优化重组技术。生产上指导白酒制曲、发酵酿造、蒸馏取酒、贮存老熟、基酒组合与专家调味等白酒全过程实现高效制造,以确保白酒风味协调、个性突出、批次稳定、饮后舒适等特征。

与以往研究相比,“中国白酒 169 计划”在突出了研究的全面系统性和应用基础的特点特征外,重点在将白酒微量组分的研究从分析化学技术全面提升到现代风味化学技术的层面,同时,将中国白酒发酵机理研究进入到生物有机化学层面,大大丰富了我国白酒特有风味化学和微生物发酵理论。

“中国白酒 169 计划”在理论基础和应用基础研究中的主要研究进展介绍如下。

1 白酒风味化合物的研究^[4-22]

1.1 白酒微量成分及风味成分的研究

由于白酒中的微量成分对白酒风味的贡献程度是不相同的,不是所有的微量成分都对风味有贡献,所以风味化合物是指对白酒具有贡献的微量组分。应用气相色谱-闻香法(GC-O)系统完整地研究中国白酒的风味化合物,尤其是特征香气成分始于 21 世纪的“中国白酒 169 计划”。到目前为止,中国白酒的微量成分研究已经进入一个全新阶段。清香型白酒检测到 700 多种成分;凤型白酒检测到 800 多种成分;已经报道的酱香型白酒检测到近 1500 种成分;浓香型白酒、兼香型白酒的成分也在 1000 种以上。随着分析手段与方法的改进,中国白酒中

完全可以检测到 1500 种以上的成分。

在“中国白酒 169 计划”研究中,对以下各香型白酒的风味化合物进行的研究成果如下:

在对酱香型白酒的风味研究中,分析检测到茅台酒中 300 余种有风味贡献的风味物质,其中 126 种对茅台酒香味形成影响较大,产生重要作用的有 65 种。同时发现,酱香型白酒中含有较高浓度的吡嗪类化合物,风味化学研究证明,这种源于芽孢杆菌类微生物产生的吡嗪类化合物与酱香没有直接联系。

在浓香型白酒的风味研究中,从多粮浓香型五粮液与剑南春白酒中共检测出风味化合物 132 种,鉴定出 126 种。首次提出并证明川味浓香型白酒与江淮流域纯浓香型白酒间的主要感官区别可能是由杂环类化合物所引起。

在清香型白酒的风味研究中,在汾酒中共检测到香气组分 100 个;在牛栏山二锅头中检测到 101 种香气化合物;在老白干香型白酒中共检测到 107 种香气成分。并在国内外首次发现并证明了清香型白酒中重要的萜烯类化合物与清香型白酒风味间的关系,对形成清香类型白酒的个性十分重要(另文发表)。同时,还研究发现了形成萜烯类物质的微生物机制。

另外,分别从西凤酒中鉴定出 102 种风味化合物,确定重要风味化合物 7 种(拟发表)。从兼香型口子窖白酒中检测到 90 种香气化合物。

总之,对我国主要香型白酒的微量和风味化合物的研究结果,见表 1。

表 1 我国主要香型白酒的微量和风味化合物

香型酒	微量成分	风味成分	重要风味物质	特征化合物
酱香型	>800 种	>300 种	65 种	四甲基吡嗪等
浓香型 1(江淮)	>800 种	>90 种	20 种	
浓香型 2(川酒)	>800 种	>130 种	20 种	
清香型 A	≥703 种	>100 种	8 种	DMST
清香型 C	>720 种	≥127 种	17 种	CARY
老白干香型	>750 种	≥106 种	12 种	TDMTDL
兼香型	>850 种	≥113 种	14 种	
凤香型	ca. 820 种	>102 种	11 种	

1.2 异嗅化合物的确定

首次确认清香型等白酒非辅料糠味化合物为 TDMTDL,测定阈值为 0.11 μg/L (46 %vol 酒精-水溶液)。在清香型酒中,以老白干香型、清香型、凤型、兼香型酒中为最多。证明了 TDMTDL 在白酒中的产生途径,并确定了产生的关键工序。深入研究了生成 TDMTD 的分子微生物机制和关键控制机理,形成了快速检测与预测的有效调控手段和技术因素(拟发表)。

窖泥臭是对浓香型白酒的气味有严重影响的令人不

愉快的味道,确认产生窖泥臭的化合物是PC,测定其阈值为166.97 $\mu\text{g/L}$ (46 %vol 酒精-水溶液)。在所有香型白酒中,以浓香型白酒最多,特别臭的浓香型白酒中含量极高,达1200 $\mu\text{g/L}$ 。该化合物主要是由于微生物代谢所产生,不会因为贮存而减少(拟发表)。

1.3 白酒风味化合物嗅觉阈值测定

2008~2009年,开展了我国历史上规模最大、参加人数和测定化合物最多、测定方法最规范的一次阈值测定。过程按国家标准相关要求规范测定,共对79种风味化合物进行风味描述,确定风味描述词,见表2。

2 重要微生物及其风味物质形成途径和机理的研究^[23-32]

风味导向功能微生物研究学术理论:本课题组经过5年的努力,明确了中国三大典型香型(浓香、清香、酱香)白酒中一批特征及重要风味物质及其微生物产生机制,尤其是突破性地发现了酱香及清香型白酒中特征风味物质的微生物来源,并获得了产生特征风味物质的功能微生物,明确了它们的合成代谢机理。最终丰富了一系列白酒风味化合物的微生物学研究学术理论。具体包括:风味化合物的微生物学理论、微生物与风味物质的代谢机理、风味代谢物调控规律等。

表2 白酒风味化合物阈值

项目	阈值 ($\mu\text{g/L}$)	风味描述	项目	阈值 ($\mu\text{g/L}$)	风味描述
酯类物质			γ -十二内酯	60.68	水果香,蜜香,奶油香
乙酸乙酯	32551.6	菠萝香,苹果香,水果香	酚类物质		
丙酸乙酯	19019.33	香蕉香,水果香	苯酚	18909.34	来苏水,似胶水,墨汁
丁酸乙酯	81.5	苹果香,菠萝香,水果香,花香	4-甲基苯酚	166.97	窖泥臭,皮革臭,焦皮臭,动物臭
戊酸乙酯	26.78	水蜜桃香,水果香,花香,甜香	4-乙基苯酚	617.68	马厩臭,来苏水臭,牛马圈臭
己酸乙酯	55.33	甜香,水果香,窖香,青瓜香	愈创木酚	13.41	水果香,花香,焦酱香,甜香,青草香
庚酸乙酯	13153.17	花香,水果香,蜜香,甜香	4-甲基愈创木酚	314.56	烟熏风味,酱油香,烟味,熏制食品香
辛酸乙酯	12.87	梨子香,荔枝香,水果香,甜香,百合花香	4-乙基愈创木酚	122.74	香瓜香,水果香,甜香,花香,烟熏味,橡胶臭
壬酸乙酯	3150.61	酯香,蜜香,水果香	4-乙基愈创木酚	209.3	甜香,花香,水果香,香瓜香
癸酸乙酯	1122.3	菠萝香,水果香,花香	丁子香酚	21.24	丁香,桂皮香,哈密瓜香
乳酸乙酯	128083.8	甜香,水果香,青草香	异丁子香酚	22.54	香草香,水果糖香,香瓜香,哈密瓜香
己酸丙酯	12783.77	水果香,酯香,老窖香,菠萝香,甜香	香兰素	438.52	香兰素香,甜香,奶油香,水果香,花香,蜜香
2-甲基丙酸乙酯	57.47	桂花香,苹果香,水蜜桃香,水果香	香兰酸乙酯	3357.95	水果香,花香,焦香
3-甲基丁酸乙酯	6.89	苹果香,菠萝香,香蕉香,水果香	乙酰基香兰素	5587.56	哈密瓜香,香蕉香,水果香,葡萄干香,橡木香,甜香,花香
乙酸-3-甲基丁酯	93.93	香蕉香,甜香,苹果香,水果糖香	脂肪酸类物质		
丁二酸二乙酯	353193.25	水果香,花香,花粉香	丁酸	964.64	汗臭,酸臭,窖泥臭
乙酸香叶酯	636.07	玫瑰花香,花香	2-甲基丁酸	5931.55	汗臭,酸臭,窖泥臭
醇、醛、内酯类物质			3-甲基丁酸(异戊酸)	1045.47	汗臭,酸臭,脂肪臭
正丙醇	53952.63	水果香,花香,青草香	戊酸	389.11	窖泥臭,汗臭,酸臭
正丁醇	2733.35	水果香	己酸	2517.16	汗臭,动物臭,酸臭,甜香,水果香
3-甲基丁醇	179190.8	水果香,花香,臭	庚酸	13821.32	酸臭,汗臭,窖泥臭,霉臭
2-庚醇	1433.94	水蜜桃香,杂醇油臭,水果香,花香,蜜香	辛酸	2701.23	水果香,花香,油脂臭
1-辛烯-3-醇	6.12	青草香,水果香,尘土风味,油脂风味	壬酸	3559.23	脂肪臭
丁醛	2901.87	花香,水果香	癸酸	13736.77	山羊臭,酒稍子臭,胶皮臭,油漆臭,动物臭
3-甲基丁醛	16.51	花香,水果香	十二酸	9153.79	油腻,稍子,松树,木材
戊醛	725.41	脂肪臭,油哈喇臭,油腻感	芳香类风味物质		
己醛	25.48	花香,水果香	苯甲醛	4203.1	杏仁香,坚果香
庚醛	409.76	青草,青瓜	2-苯-2-丁烯醛	471.77	水果香,花香
辛醛	39.64	青草风味,水果香	苯甲醇	40927.16	花香,水果香,甜香,酯香
壬醛	122.45	肥皂,青草,水腥臭	2-苯乙醇	28922.73	玫瑰花香,月季花香,花香,花粉香
γ -辛内酯	2816.33	奶油香,椰子奶油香	乙酰苯	255.68	肥皂,茉莉香
γ -壬内酯	90.66	奶油香,椰子香,奶油饼干香	4-(4-甲氧基苯)-2-丁酮	5566.28	甘草,桂皮,八角,似调味品
γ -癸内酯	10.87	水果香,甜香,花香	苯甲酸乙酯	1433.65	蜂蜜,花香,洋槐花香,玫瑰花香

因素;并基于微生物功能特征,结合固态发酵技术,建立了功能细菌在白酒生产中的应用技术。将产特征香功能细菌成功地应用于洋河酒厂股份有限公司和古贝春酒业有限公司白酒生产中,通过功能细菌在两种类型白酒生产中的应用,明显赋予白酒典型特征香——空杯留香,且更突出和持久,取得了较好的应用效果,具有很好的推广应用前景。

另外,明确了产酱香酿造过程中功能酵母结构变化规律,获得了9种不同种的酵母,包括酿酒酵母、接合酵母、毕赤酵母、裂殖酵母、红酵母、少孢酵母、汉逊酵母、伊萨酵母、白地霉等,明确了其中在堆积以及窖池发酵中的绝对优势酵母及其在白酒酿造中的主要功能,并将功能酵母在酱香型白酒生产中进行有效应用,有效提高了白酒的出酒率及品质。

2.3 产非辅料气味微生物及其产生途径

对 TDMTDL 在中国清香型白酒酿造过程中产生的原因和形成机理进行了跟踪分析,并在国际上发表。对照生产辅料糠造成的糠味物质,首次发现非辅料造成的新的糠臭味物质 TDMTDL,并且证明非辅料糠嗅是造成清香型白酒糠味的主要原因。明确证实 TDMTDL 是微生物产生。并首次从清香型大曲中获得5株不同特征的产 TDMTDL 的新菌种,经 rDNA-ITS 序列分析为链霉菌 (*Streptomyces sp.*);解析了它们的形成途径和机制,在分子水平上证明了 TDMTDL 产生关键酶的基因。不仅建立了糠味形成机理的理论,而且对于在生产过程中形成有效调控 TDMTDL 的工艺措施,全面提高我国清香类型白酒的品质及其生产效率都提供了重要理论指导和应用实践(拟发表)。

2.4 白酒群体微生物研究

中国白酒发酵的重要技术特征之一——群体微生物发酵。微生物以种群(population)的形式广泛分布于自然界,并与周围生物和非生物环境条件产生了密切的联系。种群是微生物的基本生存单位,执行相关代谢功能的种群组合在一起形成了微生物系统。不依赖于传统培养的分生生态学技术,能实现系统中微生物的原位分析,认识微生物结构与功能的关系,通过调控种群结构达到系统功能的最佳状态。

建立适用于中国白酒微生物菌群研究的新方法。针对各主要香型的大曲、酒醅和环境中的微生物菌群,通过改良环境样品的 DNA 提取方法,从大曲和酒醅中提取总 DNA, DNA 分子量 >10 kb, A260/A280 值均在 1.8~2.0 之间,提高后续分析的效果。分别以 16S、26S、18S rRNA 编码基因为靶位点,对细菌、酵母、真菌、芽孢杆菌类群建立针对性的定性分析技术,可检测出体系中含

量 >1% 的微生物,不仅鉴定出的微生物种属与分离方法的结果相符,而且适合于检测难培养或无法培养的微生物种群。此方法分析快速,能在较短时间内同时完成批量样品的分析和比较。

系统研究白酒固态发酵的菌群发酵规律与特征。采用微生物菌群研究方法,较全面和系统地分析了国内具有代表性的不同工艺大曲细菌、酵母、真菌的群落结构,进而比较了不同香型酒醅中三大类微生物组成的区别。大曲细菌具有很高的多样性,从未培养角度证实了细菌在大曲微生物群落中的重要地位。而且乳酸菌在细菌群落中处于优势地位,共检测到 *Weissella cibaria*、*L. helveticus*、*L. fermentum*、*L. panis*、*L. pontis* 等多种乳酸菌。同时检测到了用传统培养方法未检测到的嗜麦芽窄食单胞菌、假单胞菌、葡萄球菌及高温放线菌。*Saccharomycopsis fibuligera*、*Pichia anomala* 普遍存在于所有大曲中,且在整个酵母群落中处于优势地位,弥补了传统培养方法在反映优势菌群分布方面的缺陷。不仅检测到传统方法分离得到的酿酒酵母、汉逊酵母、毕氏酵母、拟内孢霉四大类酵母,还检测到了 *Trichosporon asahii*、*Debaryomyces hansenii*、*Hanseniaspora guilliermondii* 等酿酒工业中认为重要的非酿酒酵母。真菌中犁头霉及米根霉具有明显的优势地位。大曲中的微生物作为菌种进入酒醅中,受发酵工艺的影响,不同香型白酒酒醅中微生物体现出不同的特征。发酵后期,浓香型和芝麻香型酒醅中基本仅检测到1种 *Lactobacillus*,而清香型酒醅中始终保持着较高的细菌多样性和较高的乳酸菌及芽孢杆菌丰富性。而酱香型与清香型酒醅中酵母组成差异更加明显,*Saccharomycopsis fibuligera* 和 *Pichia* 是清香型酒醅中主要的酵母菌种;而酱香型中 *Rhodotorula mucilaginosa* 作为优势菌存在于发酵的整个过程中。*Zygosaccharomyces bailii*、*Saccharomycopsis fibuligera*、*Pichia anomala* 在发酵中后期迅速衰亡。未培养方法对大曲和酒醅的分析结果大大丰富了对白酒微生物群落结构的认识。

2.5 白酒功能微生物库的建立

从不同产地、来源、香型和酿造工艺与环境分离获得了1000多株菌,已经证实了其中300多株是具有生产价值的中国白酒功能微生物菌种,建立了白酒酿造功能微生物库,形成一批获得国家专利的菌种。包括酱香/芝麻香型白酒生产中的产酒酵母、产酸酵母、产酯酵母、产酱香细菌、高产吡嗪细菌、产酸细菌以及不同种属的霉菌等;清香型白酒中的产酒酵母、产清香特征风味物质酵母、产酯酵母、产糠味细菌、产香细菌等;浓香型白酒生产中的产酒酵母、产酸酵母以及产酯酵母、高产酯的华根霉、产陈味细菌、己酸菌、乳酸菌、丁酸菌等。其中一些菌

种属于新发现的菌种,如酱香堆积中发现的高产酒精的酵母以及一些产酸酵母;另外一些菌种具有新的功能,如某些酵母具有产清香型特征风味物质的功能。并有一些菌种目前已进入工厂生产应用,应用效果极其明显,如产酱香的功能细菌等。

2.6 重要酿酒微生物的基因组测序研究

基于基因组学的研究方法和手段,开展了大曲中具有合成活性脂肪酶的重要微生物丝状真菌——华根霉进行了基因组学的研究,获得了功能菌株的基因组全序列。研究发现,该华根霉基因组约为45M,大于目前已经测序完成的许多代表性丝状真菌;开放阅读框(ORF)17676,已明确注释的功能基因9174个,存在约240条代谢途径。该工作对于加深传统酿造过程及其相关微生物的认识和理解,提高传统行业的科技水平和技术含量具有极其重要的意义。同时,对于进一步开发传统酿造微生物资源,构建新型模式微生物,拓展重要酶制剂和化学工业品也具有重要的学术理论和实际价值。更重要的是该工作使我国拥有了第一株破译全基因组序列的酿造功能微生物,也将我国酿造微生物的研究水平提升至国际前沿水平。该成果发布于网站国家基因资源网站(<http://medsino-test.scbio.org/rhizopus/index.do>)。

3 风味导向技术形成的生产应用技术

针对不同香型白酒生产的不同特征,通过大量开发与应用实践工作的开展,形成了众多生产应用技术,有些已在实际生产中证实了其有效性与实用性。以下以清香型白酒生产为例,介绍部分生产应用技术。

3.1 清香类型原酒等级鉴别技术

根据一定的判别聚类建模原则,通过计算机建模建立原酒等级数据库,应用73个成分可以将不同工艺、不同等级原酒区分开来,此分类方法可以用于原酒等级区分与鉴定。

3.2 清香类型原酒原产地鉴别技术

对153个酒样进行PCA分析,共检测出91种微量成分。其中重要成分21个,使用此21个成分构建用于区分不同产地白酒的鉴别技术。该技术可将牛栏山二锅头酒、小曲清香型白酒、汾酒、衡水老白干酒等清香类型白酒完全区分开来。

3.3 清香类型白酒功能微生物应用技术

通过清香类型不同原酒特征风味成分产生功能微生物及其代谢机制的认识,丰富了对清香类型白酒功能微生物的资源库,建立清香型白酒功能微生物的应用技术,包括制曲方式的改良、大曲质量的安全评价技术、酿造过程检测及监控技术、发酵过程调控和风味成分预测技术

等,为最终真正实现清香型白酒机械化与现代化的改造提供了重要理论和实践的指导。

4 结束语

随着新一轮的白酒技术创新浪潮的到来,通过进一步开展对中国白酒酿造机制和机理的研究与认识,将会大大促进中国白酒传统产业的技术升级和现代化,将会迎来以高端化、高效化为特征的中国白酒产业的高级化时代。

致谢 感谢中国白酒169计划、国家支撑计划重点项目(2007BAK36B02, 2008BAI63B06)、国家重点实验室目标导向课题(SKLF-MB-200801)、国家自然科学基金(NSFC 31000806, 3047006, 20872050)的资金支持。感谢中国酿酒工业协会白酒技术委员会和参加中国169计划研究的所有企业和研究人员。

参考文献:

- [1] 沈怡方.白酒生产技术全书[M].北京:中国轻工业出版社,1998.
- [2] 沈怡方,赵彤.对于白酒香型的认识与学术性探讨[J].酿酒,2007,34(1):3-4.
- [3] Xu Y, Wang D, Fan W, Mu X, Chen J., Traditional Chinese Biotechnology[J]. Advances in Biochemical Engineering Biotechnology, 2010. 122:189-233.
- [4] Xu Y, Ji K, Moutai (Maotai): production and sensory properties. Alcoholic beverages: Sensory Evaluation and Consumer Research[M]. Woodhead Publishing Limited. 2012. 315-330.
- [5] “气相色谱-闻香法(GC-O)在中国白酒风味物质研究中的应用”鉴定材料[C].江苏:江南大学,2006.
- [6] “酱香型白酒茅台酒风味物质剖析技术体系建设及风味研究平台的建立”鉴定材料[C].2009,贵州茅台酒股份有限公司,江南大学:中国江苏.
- [7] “中国白酒风味物质嗅觉阈值测定方法体系”鉴定材料[C].2009,江南大学,宜宾五粮液股份有限公司,四川剑南春集团有限责任公司:中国江苏.
- [8] “白酒年份酒荧光光谱检测技术及鉴别系统”鉴定材料[C].2009,江南大学:中国江苏.
- [9] 国清香型汾酒风味物质剖析技术体系及其关键风味物质研究鉴定材料[C].2009,江南大学,山西杏花村汾酒厂股份有限公司:中国江苏.
- [10] “小曲清香型白酒关键风味物质及质量评价方法研究”鉴定材料[C].2009,劲牌有限公司,江南大学:中国江苏.
- [11] “中国老白干香型白酒风味物质剖析技术及其关键风味物质微生物研究”鉴定材料[C].2010,江南大学,河北衡水老白干酿酒(集团)有限公司:中国江苏.
- [12] “风味导向技术及其在绵柔型白酒中的应用”鉴定材料[C].2011,江南大学,江苏洋河酒厂股份有限公司:中国江苏.
- [13] Fan W, Xu Y, Zhang Y, Characterization of pyrazines in some

- Chinese liquors and their approximate concentrations[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(24):9956-9962.
- [14] Du H, Fan WL, 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.
- [15] 赵书圣, 范文来, 徐岩, 张国强, 徐钦祥, 李志强. 酱香型白酒生产酒醅中呋喃类物质研究[J]. 中国酿造, 2008, 21: 10-13.
- [16] 丁云连, 范文来, 徐岩, 张志民, 张煜行, 柳军, 白光辉, 张福艳. 老白干香型白酒香气成分分析[J]. 酿酒, 2008, 35(4): 109-113.
- [17] 王勇, 范文来, 徐岩, 魏金旺. 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.
- [18] 柳军, 范文来, 徐岩, 张国强, 徐钦祥, 丁云连, 李志强. 应用GC-O 分析比较兼香型和浓香型白酒中的香气化合物[J]. 酿酒, 2008, 35(3): 103-107.
- [19] 杜海, 范文来, 徐岩. 顶空固相微萃取(HS-SPME)和气相色谱-质谱(GC-MS)联用定量白酒中两种异味物质[J]. 食品工业科技, 2010, 32(1): 373-376.
- [20] 杨建磊, 朱拓, 徐岩, 范文来, 武浩. 基于最小二乘支持向量机算法的三维荧光光谱技术在中国白酒分类中的应用[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(1): 243-246.
- [21] 杨建磊, 朱拓, 徐岩, 范文来, 陈国庆, 武浩. 白酒单体物质紫外荧光光谱研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29(12): 3339-3343.
- [22] 范文来, 徐岩. 白酒 79 个风味化合物嗅觉阈值测定[J]. 酿酒, 2011, 38(4): 80-84.
- [23] “高温大曲中高效特征香产生细菌及其应用工艺的研究”鉴定材料[C]. 2011, 江南大学, 江苏洋河酒厂股份有限公司: 中国江苏.
- [24] 张荣, 徐岩, 范文来, 王海燕. 酱香大曲中地衣芽孢杆菌及其风味代谢产物的分析研究[J]. 工业微生物, 2010, 40(1): 1-7.
- [25] 张海林, 范文来, 徐岩. 高产 2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-呋喃酮(DMHF)酵母菌的选育[J]. 中国酿造, 2009, 212(11): 20-23.
- [26] Zhu B, Xu Y, Fan W. Tetramethylpyrazine production by fermentative conversion of endogenous precursor from glucose by Bacillus sp[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2009: 108:S122 (doi:10.1016/j.jbiosc.2009.08.358).
- [27] Zhu B, Xu Y, Fan W. Study of tetramethylpyrazine formation in fermentation system from glucose by Bacillus subtilis XZ1124 [J]. New Biotechnology, 2009: 25S:S237 (doi:10.1016/j.nbt.2009.06.224).
- [28] Zhu B, Xu Y. High-yield fermentative preparation of tetramethylpyrazine by Bacillus sp. using an endogenous precursor approach[J]. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 2010. 37: 179-186.
- [29] Zhu B, Xu Y. A feeding strategy for tetramethylpyrazine production by Bacillus subtilis based on the stimulating effect of ammonium phosphate[J]. Bioprocess and Biosystems Engineering, 2010: (doi: 10.1007/s00449-010-0419-5).
- [30] Zhu B, Xu Y. Production of tetramethylpyrazine by batch culture of Bacillus subtilis with optimal pH control strategy[J]. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 2010: (doi: 10.1007/s10295-010-0726-5).
- [31] Wang H, Zhang X, Zhao L, Xu Y. Analysis and Comparison of the Bacterial Community in Fermented Grains during the Fermentation for the Different Styles of Chinese Liquor[J]. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2008: 603-609.
- [32] 王海燕, 张晓君, 徐岩, 赵立平. 浓香型和芝麻香型白酒酒醅中微生物菌群的研究[J]. 酿酒科技, 2008(2): 86-89.

《贵州传统酱香白酒产业科技创新与产业集群发展的 问题与政策研究》通过专家验收

本刊讯 酿酒科技杂志社承担的软课题《贵州传统酱香白酒产业科技创新与产业集群发展的
问题与政策研究》项目(黔科合休 R 字[2010]2027 号)于 2011 年 12 月 24 日通过贵州省科技厅组织的专家验收。

本课题以贵州传统酱香白酒产业为视角,结合贵州省委、省政府“十二五”期间制定的“未来十年中国白酒看贵州”的发展战略目标,以贵州传统酱香白酒产业科技创新与产业集群发展为研究方向,对发展中存在的问题予以梳理,并结合实际就产业集群创新及产业发展保障提出了一定的政策建议。

验收会上,专家组听取了项目组的研究汇报,审查了验收报告并经质询,认为课题研究符合验收要求,同意结题。专家组一致认为本课题研究内容比较全面,逻辑思路比较清晰,数据挖掘比较充分,对于提升贵州白酒产业的产能、品牌建设、经济效益及贵州在全国白酒行业的竞争力形成的对策建议具有一定的前瞻性及指导性。(莹子)