

中国传统白酒中微量成分的来源与作用

Sources and effects of trace components in traditional Chinese liquor

曹智华¹ 余有贵¹ 何红梅²

CAO Zhi-hua¹ YU You-gui¹ HE Hong-mei²

(1. 邵阳学院, 湖南 邵阳 422000; 2. 长沙市食品药品检验所, 湖南 长沙 410004)

(1. Shaoyang University, Shaoyang, Hunan 422000, China;

2. Food and Drug Inspection Institute of Changsha, Changsha, Hunan 410004, China)

摘要:根据中国传统白酒微量成分研究取得的新成果,系统地总结了微量成分来源及其作用。主要来源有 3 条途径:发酵过程中微生物和酶的催化反应、贮存过程中的化学变化和生原料特殊成分的化学反应,主要起到了呈香呈味、成格成型和生理功能三方面的作用。生产原料对中国传统白酒微量成分的影响、高产白酒主体风味成分的基因菌构建与应用和白酒功能因子的深入研究等方向是未来研究的重点。

关键词:中国传统白酒;微量成分;来源;作用;功能因子

Abstract: Based on the new achievements in the study of the trace components of traditional Chinese liquor, its sources and effects were systematically summarized for the first time. The main sources are three ways: catalytic reactions of microorganisms and enzymes during fermentation, chemical changes during storage, and chemical reactions of special components from raw materials, and which mainly plays three roles: the aroma and flavor-producing, style and aroma type-forming and physiological functions. In the future, the research focuses on the impact of raw materials on the trace components of traditional Chinese liquor, the construction and application of gene bacteria of high-yielding liquor main flavor components, and the in-depth study of liquor functional factors, providing a more complete theoretical basis for the comprehensive and profound understanding of Chinese liquor.

Keywords: traditional Chinese liquor; trace components; sources; role; functional factors

中国白酒与白兰地、威士忌、伏特加、金酒和朗姆酒并列

基金项目:湖南省自然科学基金项目(编号:2016JJ4080);湖南省 2015 年度县域经济发展技术创新引导专项项目(编号:2015NK2103);邵阳市科技计划一般项目(编号:2017NS17)

作者简介:曹智华,女,邵阳学院讲师,本科。

通信作者:余有贵(1964—),男,邵阳学院教授,博士。

E-mail: yufly225@163.com

收稿日期:2018-03-01

为世界著名的六大蒸馏酒^{[1]16-18},中国传统白酒以粮谷原料、多微共酵、甑桶蒸馏、陶坛(或酒海)储存等传统工艺特点而独树一帜^{[2]449-520},由酒精、水和微量成分所组成,其中约占 2% 的微量成分决定了白酒的香型风格,酒中微量成分随着检测技术的进步也不断地被发现,如清香型白酒中检测出了 700 多种成分、酱香型白酒中多达 1 500 种成分^[3]。这些微量成分按物质分子组成可分为醇类、酯类、酸类、醛类、缩醛类、酮类、酚类、芳香族化合物、呋喃类、吡嗪类、硫化物、内酯类和噻唑类等种类^[4];根据其含量多少和作用可分为色谱骨架成分(>1 mg/100 mL)、协调成分和复杂成分^[5]。目前,有关中国传统白酒中微量成分的文献报道较多,但系统归纳总结其来源和作用的资料极少。因此,本文对中国传统白酒微量成分的来源与作用进行系统的总结,旨在为广大酿酒科技工作者提供参考。

1 微量成分的来源

中国传统白酒中微量成分的来源主要有 3 种途径:发酵过程中微生物和酶的催化反应、贮存过程中的化学变化和生原料特殊成分的化学反应。

1.1 发酵过程中微生物和酶的催化反应

中国白酒是以粮谷为主要原料,用大曲、小曲或麸曲及酒母作为糖化发酵剂,经蒸煮、糖化、发酵、蒸馏、陈酿、勾兑和调味而成的饮料酒^{[6]8}。食品酿造普遍存在着“五法则三层次”的规律^[7],中国传统白酒生产同样遵循这个规律,酒曲作为糖化发酵剂发挥着菌酶并用的作用^{[1]51-58},在窖池的固态发酵环境中,经物系—菌系—酶系的三相关联和固—液—气三相变化,酿酒原料的淀粉、蛋白质和脂肪等有机物在菌、酶催化的生化反应下生成主要产物酒精和水外,还生成了醇、醛、酸、酯等微量成分。发酵过程中微生物和酶的催化反应是中国白酒微量成分的主要来源,如酵母利用糖及氨基酸合成杂醇油、克拉瓦氏梭菌将乙酸和酒精合成丁酸和己酸、汉逊酵母和假丝酵母等微生物具有较强的产酯能力、酵母菌

和细菌将香草醛发酵生成 4-乙基愈创木酚等^{[1]224-237}; 剑南春酒在发酵后期的酯化阶段, 生成了醇、醛、酮、酸、酯、芳香族化合物等多种微量香味物质^[8]。徐岩等^[9]研究发现中国白酒中的四甲基吡嗪是由枯草芽孢杆菌代谢生成, 即经过糖酵解途径产生的 2 分子丙酮酸缩合而成乙酰乳酸, 乙酰乳酸在酶的催化作用下脱羧生成乙偶姻, 后期的非酶促反应将乙偶姻与主要由氨基酸脱氨产生的氨结合生成四甲基吡嗪。

中国传统白酒经微生物和酶的催化反应产生微量成分, 呈现出了多样性和特异性 2 种特性

1.1.1 多样性 中国白酒微量成分的多样性源自两个方面:

(1) 酿酒微生物种类的多样性。曲为酒之骨, 野生多微是酒曲特征之一, 酒曲的微生物种类越多, 发酵过程代谢产生的微量成分就越丰富。酒曲中微生物的种类主要有细菌、霉菌、酵母和放线菌^[10], 其中霉菌是糖化的主要动力, 酵母是发酵的主要动力, 细菌是产香的主要动力^[11-12]。酒曲中微生物的数量因酒曲的种类而异, 如大曲中总菌数、细菌数、霉菌数和酵母菌数分别为 4.014×10^7 , 1.595×10^7 , 2.015×10^7 , 4.035×10^6 CFU/g^[13], 小曲饼中细菌数、霉菌数和酵母菌数分别为 2.78×10^6 , 4.10×10^5 , 9.20×10^7 CFU/g^[14]。

(2) 酿酒工艺的多样性。大曲酒生产工艺有混蒸续糟工艺(如泸州老窖特曲酒)、清蒸清渣工艺(如山西汾酒)、清蒸续糟工艺(如古贝春酒), 小曲酒有固态发酵工艺(如四川小曲酒)、半固态发酵工艺(如广西桂林三花酒)和大小曲串香工艺(如董酒)^{[6]19-73}。不同的酿酒工艺中生物反应过程的菌酶活性不同, 生成的微量成分存在数量上的不同(见表 1)^{[15]153}, 其量比关系也有差异(见表 2)^{[16]27}。

表 1 不同白酒中微量成分和风味化合物的种类

Table 1 Types of trace components and flavor compounds in different liquors

香型	微量成分	风味成分	重要风味成分
酱香型	>800	>300	65
浓香型 1(江淮)	>800	>90	20
浓香型 2(川酒)	>800	>130	20
清香型 A	≥703	>100	8
清香型 B	>720	≥127	17
老白干香型	>750	≥106	12
兼香型	>850	≥113	14
凤香型	约 820	>102	11

表 2 不同白酒中各类微量成分的量比关系

Table 2 The quality ratios of various trace components in different liquors %

香型	酯类	醇类	酸类	羰基化合物	杂环化合物	芳香族和酚类化合物
凤香型	53.46	31.88	13.14	0.05	0.12	1.35
老白干型	64.08	23.96	10.44	0.04	0.50	0.98
清香型	65.70	16.61	15.84	0.03	0.14	1.68

1.1.2 特异性 中国白酒微量成分的特异性主要源于三方面:

(1) 地域性差异。中国地域辽阔, 东南西北中均有传统白酒的生产, 不同地域在生态环境的温度、湿度、水分等方面存在较大差异, 这些差异影响着酒曲中酿酒微生物种类^[17], 进而影响白酒中微量成分的种类和数量, 决定着白酒的香型和风格, 如在中国市场上形成了“川浓贵酱”的香型认识。

(2) 酒曲种类差异。中国传统白酒根据使用的酒曲种类不同可分为大曲酒、小曲酒、混合曲酒, 不同酒曲中微生物种类存在差异, 经生化反应所生成的微量成分有显著差异, 即使是同一香型白酒因酒曲不同而微量成分各异, 如清香型大曲酒的总酯与总酸比值约为 5.5:1, 而清香型小曲酒的总酯与总酸比值则为 5:4^[18]。

(3) 窖池微生态差异。窖池是实现生化反应的主要场所, 窖池有泥窖、石头窖、水泥窖和地缸等之分, 曲药、母糟、窖泥、窖龄等窖池微生态直接影响微生物类群和数量的变化, 在生化反应中使生成的微量成分有差异^[19-20]。

1.2 贮存过程中的化学变化

发酵好的酒醅经蒸馏取酒, 采用缓火蒸馏、控制流酒温度和流酒速度、截头去尾和量质摘酒等一系列的规范操作, 将酒醅含有的微量成分最大限度地提取到新酒中。然后, 新酒入库分级贮存, 通过贮存条件控制和时间的历练促进酒液的微量成分变化, 将新酒转化为酒质成熟的基础酒。

自然陈酿强调恒温、恒湿的环境和长时间的放置, 促进新酒的物理变化和化学变化, 其中化学变化是白酒品质变化的决定因素^{[1]508-509}。特别是酒液中的微量成分经过氧化、还原、酯化和水解等化学作用, 醇、醛、酸、酯类等缓慢消长, 从而建立新的动态平衡, 实现酒质的提高^{[2]505-506}。因此, 白酒贮存过程中化学反应的实质是通过微量成分之间的相互转变, 改变了新酒原来的微量成分及其量比关系, 实现了酒质变好。丁云连^{[16]34-35}对汾酒贮存期微量成分研究表明, 醇、酸、酯、芳香族和酚类化合物等类型的微量成分比例随着贮存时间延长而变化, 其中酯类下降酸类上升(见表 3)。任宏彬^[21]研究发现酚酒在 0~20 年贮存过程中, 酒液的缩醛与相应醛的比值和酸、醇与相应酯的比值均随贮存时间的延长呈上升趋势, 异丁醛/异丁醇和异戊醛/异戊醇的比值随贮存时间的延长呈先升后降的趋势, 3-羟基丁酮/2,3-丁二醇和乙酸/乙醛的含量比值随贮存时间的延长呈缓慢上升的趋势。

1.3 生产原料特殊成分的化学反应

1.3.1 制曲原料 酒曲在中国传统大曲白酒生产中的用量

表 3 不同贮存期的汾酒中各类微量成分所占比例

Table 3 The quality ratios of various trace components in Fenjiu of different storage %

年份	酯类	醇类	酸类	芳香族和酚类化合物
1	82.78	9.45	7.36	0.28
5	63.74	18.98	15.14	1.76
10	65.70	16.60	15.84	1.68
20	50.58	22.27	25.11	1.82

一般为 20% 左右,茅台酒酿造中可达到 50%,因而兼有糖化发酵剂的作用和投粮的作用^{[1]53}。大曲一般用小麦制曲,但也有用其它原料制曲的,给酒带来了特殊的微量成分。豌豆制曲的清香,江苏洋河酿酒实业有限公司等酿酒企业使用豌豆、大麦和小麦按一定比例搭配制曲,豌豆经过培曲过程后生成了香草醛和香草酸等清香物质,它进入酒液中构成了洋河大曲酒纯正优雅香气的微量组分之根源^[22]。中药材制曲的药香,贵州董酒股份有限公司添加中药材制曲,其中大曲和小曲分别使用 40 种和 95 种中药材,占制曲原料 5% 的中药材与小麦粉(或米粉)混合后制成大曲和小曲,经发酵制得的小曲酒醅和大曲香醅装入同一甑串蒸取酒,中药材为董酒舒适的药香提供了微量成分的来源,药香以肉桂醛为主要成分^{[6]60-62};中药材中还含有大量的萜烯类化合物^[23],在董酒中检测到杜松烯、雪松烯与茵香醚(脑)等 41 种挥发萜烯类化合物^[24]。

1.3.2 酿酒原料 中国传统白酒主要采用高粱酿酒之外,还有玉米、小麦、大米、糯米等粮食类原料酿酒,它们给白酒产品微量成分的特异性提供了物质基础。高粱酿酒特有的特殊芳香来源于香兰酸等酚元化合物,这类化合物由高粱含有的单宁与花青素等色素成分在原料蒸煮和入窖发酵过程中形成的;玉米酿酒带来的醇甜味来源于多元醇,这类化合物由玉米中的植酸经发酵生成环己六醇和磷酸促进生成的丙三醇所组成;大米和糯米酿酒,在原料混蒸混烧过程中,生成了饭香味成分带入酒中使酒质爽净^{[1]253}。多粮酿酒比单粮酿酒所产生的微量成分多些且比例协调,如洋河大曲酒的研究结果(见表 4)^[25]。

表 4 不同原料酿酒的酒液中主要酯含量及比例

Table 4 The quality ratios of main ester substances in liquors of different raw materials mg/L

酿酒原料类别	己酸乙酯	乳酸乙酯	己酯/乳酯
单粮型洋河大曲	2 000~3 000	1 300~1 800	1.0 : 0.6~1.0 : 0.8
多粮型洋河大曲	4 000~5 000	900~1 500	约 1.0 : 0.3

表 5 白酒中各类微量成分的呈香呈味特征

Table 5 Feature of the aroma and flavor-producing of various trace components in liquors

醇类	醛酮类	酸类	酯类	高沸点类	杂环与芳香类
醇甜和助香的来源,也是酯类的前驱物,是香与味连接的纽带、酸与味的过渡桥梁,香气特征主要是水果香和花香。其中,异戊醇的香气最强,多元醇绵甜、异丁醇含量高则酒发苦,仲丁醇、正丙醇适量可以使白酒产生陈味	具有烘托香气、增加喷香、协调口感、促进爽口的作用。其中,缩醛香气特征主要是水果香,乙醛和乙缩醛等对香气协调和味的爽净方面起到重要的修饰作用,双乙酰能提高白酒香气的质量	形成白酒口味的重要成分,酸量过大压香,酸量少则味寡淡;适宜的酸可使酒爽口,增加酒的味道,促进回甜感,去除辛辣味、消除苦味、减少和掩盖邪杂味;己酸、乳酸、乙酸、丁酸被称为浓香型白酒中的四大酸,己酸能呈味助香、为窖香的主要成分之一,乙酸起呈味抑香作用、适量爽口,乳酸适量酒体浓厚	香气特征主要是水果香、花香和甜香,低分子酯类都带有特殊的芳香。其中,己酸乙酯含量高时呈辣味和臭味,含量低时赋予白酒特殊的窖香;乳酸乙酯含量高时带涩味,含量低时酒寡淡无味,适量时具有浓厚感;乙酸乙酯含量高时呈苹果、香蕉香,含量低时呈梨和菠萝香,并协调乙醛、乙缩醛促进酒体的放香;丁酸乙酯含量高时略带臭,含量低时呈朗姆酒香,与己酸乙酯协调,突出窖香	肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸及其乙酯等对保持酒的香气起重要作用,典型的定香定味成分,从而使白酒放香有层次感、味道有立体感	呋喃、吡嗪、噻吩、吡啶、噻唑、酚类等具有强烈的咖啡、坚果、焙烤、爆米花、焦香、葱香等香气,能屏蔽掩盖酒体中不愉快的香气和味道,缓解低碳链的酸、酯、醇、醛等强烈的刺激感,使香气幽雅、口感醇厚

1.3.3 贮酒原料 在玉冰烧酒的贮存过程中,除去浮油的斋酒要加入一定量经处理过的肥猪肉或猪板油,它经过一定时间的浸渍,脂肪缓慢溶入酒液中,并促进酯化作用,形成玉冰烧酒独特的豉香风格^{[6]56-57}。西凤酒用酒海作为贮酒容器,贮存过程中,酒液接触酒海表层涂料中的石灰粉,通过中和反应使其总酸下降,但会增加一定量的乙酸羟胺和丁酸羟胺,它们是酒海涂料溶出物接触酒液后反应的生成物^[26]。

2 中国白酒微量成分的作用

随着中国白酒微量成分不断被发现,人们对其作用也在深入了解。从呈香呈味、成格成型到功能因子,中国白酒的生理功能逐渐从微量成分找到了依据。

2.1 呈香呈味作用

白酒品评是感观评价白酒中醇、醛、酸、酯等微量成分相互作用所呈现出的综合效果的重要手段,具有快速、简便和灵敏的特点。早期的感观评价对白酒中醇类、醛类、酸类、酯类等微量成分进行了呈香呈味的描述,现总结于表 5^{[1]767-770[27]}。

在第 5 次中国白酒评酒会上使用了百分制的感观评定方法,感官指标包括色泽、香气、口味和风格四方面,分别赋予 10,25,50,15 的分值^[28]。随着检测技术的进步,对白酒微量成分的评价已经发展到量化与描述相结合,如中国白酒 169 计划采用国家标准规定的环境条件和美国国家标准的阈值测定方法,测定出了白酒中 79 个微量成分的挥发性化合物嗅觉阈值,给出了描述气味特征的术语,它包括酯类 16 个、醇类 5 个、醛类 7 个、脂肪酸类 10 个、吡嗪类 7 个、呋喃类 4 个、芳香族类 11 个、酚类 12 个、内酯类 4 个、硫化物 3 个^[29]。吕云怀等^[30]报道,浓香型白酒的窖香与 6 种主要微量成分(包括己酸乙酯、戊酸乙酯、丁酸乙酯、丁酸异戊酯、己酸、4-甲基苯酚)呈显著的正相关,酱香型白酒的酱香与 15 种主要微量成分[包括异丁酸己酯、乙酸戊酯、2-甲基丁酸乙酯、异戊酸乙酯、苯乙酸乙酯、3-甲基丁酸、苯甲醛、己醛、(2E)-壬烯醛、2-庚酮、3-辛酮、二甲基三硫醚、2-壬醇、2-苯乙

醇、2,5-二甲基-3-正戊基吡嗪]呈显著的正相关,清香型白酒的清香主要与庚醛和癸酸乙酯具有相关性。兼香型白酒中 9 种主要微量成分(包括己酸乙酯、3-甲基丁酸乙酯、乙酸-2-苯乙酯、4-乙基愈疮木酚、4-乙烯基愈疮木酚、3-甲基丁醇、香草醛、己酸和丁酸)有较大的呈香作用^[31]。

2.2 成格成型作用

白酒的风格是色、香、味的综合体现,白酒微量成分中酯类是香气的主体成分,其中四大酯(己酸乙酯、乳酸乙酯、乙酸乙酯和丁酸乙酯)的含量与比例决定了中国白酒的典型风格和香型^{[1]767-770}。目前,中国白酒按主体香气成分与风格可分为 12 种,其中浓香型、酱香型、清香型和米香型为 4 种基本香型,各种香型之间的关系见图 1^{[15]104},12 种不同香型白酒的典型风格见表 6^[32]。以往的专家对白酒感观品评存在着模糊描述的局限性,于是,近年来借鉴现代感观描述方法建立了中国白酒风味轮的客观描述方法^[33],促进了白酒的感观评价向标准化发展,也拉近了专家与消费者之间对白酒风味描述术语理解的距离。

2.3 功能因子的生理作用

关于中国白酒与人体健康的问题一直以来都是人们关注的焦点和热点,目前的研究还处于起始阶段。当中国传统白酒严格按产品标准出厂时,产品中甲醇、杂醇油和乙醛等成分控制在规定范围内,适量饮用不会危害人体健康^[34]。从早期某些白酒产品对人体健康的影响到白酒中某些有益于人体的功能因子发现,中国白酒的生理功能经历了从模糊认识到精准定位的转变过程。

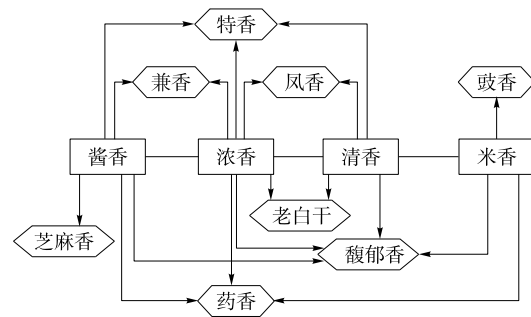


图 1 12 种香型白酒及其关系

Figure 1 12 kinds of flavor liquor and its relation

贵州茅台酒能抑制人的肝星状细胞的活化及其胶原蛋白的形成,表现出干预和延缓肝纤维化的作用^[35];饮用传统浓香型白酒可以降低人体血清尿酸浓度,竹叶青酒具有护肝功能。部分酒厂还开展了用白酒喂养白鼠的试验研究,研究结果认为白酒对大、小白鼠具有某些特定功效,如小剂量北京二锅头酒灌胃对大鼠血管内皮细胞有保护作用、能提高大鼠血清高密度脂蛋白含量^[36],一定剂量的白酒能显著降低小鼠耳廓肿胀度、升高血清溶血素含量和提高巨噬细胞吞噬功能^[37]。

酒类中的功能因子需要通过风味组学技术、宏基因组学技术、代谢组学技术等现代科学技术去发现,西方从事此类研究比较早,中国白酒的现代技术研究是近 10 年才开始。近年来,中国学者致力于中国白酒功能因子的研究,陆续发现了吡嗪、萜烯类和脂肽类等功能因子(表 7)。

表 6 不同香型白酒的风格特征

Table 6 style features in different flavor types of liquor

香型	代表酒种	风格特征
浓香型	泸州老窖酒	窖香浓郁,酒体醇和谐调,绵甜爽净,余味悠长
酱香型	茅台酒	酱香突出,香气幽雅,空杯留香,酒体醇厚、丰满,诸味协调,回味悠长
清香型	汾酒	清香纯正,酒体柔和谐调,绵甜爽净,余味悠长
米香型	桂林三花酒	米香纯正、清雅,酒体醇和、绵甜、爽冽,回味怡畅
凤香型	西凤酒	醇香秀雅,醇厚丰满,甘润挺爽,诸味谐调,尾净悠长
特香型	四特酒	优雅舒适,诸香协调;绵柔醇和、绵甜,香味谐调,余味悠长
芝麻香型	景芝白干酒	优雅纯正,醇和细腻,香味谐调
浓酱兼香型	白云边酒	浓酱(或酱浓)谐调,优雅馥郁,细腻丰满,回味爽净
药香型	董酒	香气幽雅,微带舒适药香,醇和浓郁(或柔顺),甘爽味长
豉香型	玉冰烧	豉香纯正、清雅,醇和甘滑,酒体谐调,余味爽净
老白干香型	衡水老白干	醇香清雅,酒体谐调,醇厚甘冽,回味悠长
馥郁香型	酒鬼酒	色清透明、诸香馥郁、入口绵甜、醇厚丰满、香味协调、回味悠长

表 7 中国白酒的健康因子与生理功能

Table 7 Health factors and physiological functions of chinese liquor

健康因子类别	种类与数量	来源与健康功能
吡嗪类	发现了 27 种,如 2-甲基吡嗪、2,3-二甲基吡嗪、2,3,5-三甲基吡嗪和 2,3,5,6-四甲基吡嗪等,酱香型和兼香型酒中吡嗪类化合物种类和含量最高,浓香型白酒次之,清香型白酒最少 ^[38]	四甲基吡嗪由枯草芽孢杆菌产生 ^[9] 。扩张血管,抑制血小板聚集,改善微循环 ^[39] ,改善学习的障碍,降低脑萎缩的伤害,预防胃粘膜损伤、肾中毒,防止急性肝中毒
萜烯类	发现了 69 种 ^[38] ,包括单萜烯类、倍半萜烯类以及二萜烯类化合物等 ^[28] ;董酒中检测到 52 种,主要是倍半萜烯类和单萜烯类化合物 ^[40]	主要来自制曲原料的中药 ^[41] 。抗氧化、镇痛、助消化、抗癌症 ^[42] 、抗菌、抗病毒 ^[43] ,如雪松醇具有安神和抑制肿瘤细胞增殖的活性、榄香烯是抗癌新药的主要成分 ^[41]
脂肽类	发现了地衣素,董酒中“地衣素”含量最高 ^[44]	由芽孢杆菌代谢产生 ^[45] 。抑菌 ^[46] 、抗病毒 ^[47] 、抗癌和溶纤活性 ^[48]

3 展望

产品安全、口感舒适、富含功能因子是市场对白酒产品质量的新要求,中国传统白酒微量成分的种类及其量比对产品质量起决定性作用。因此,需要依靠科技进步不断揭开微量成分神秘的面纱,对白酒微量成分的研究将重点聚焦以下三个方面:

(1) 生产原料对中国传统白酒微量成分的影响。前期的研究发现生产原料对酒质有一定的影响,但截至目前,并未明晰大曲香气物质对白酒中微量成分的影响程度;酒曲添加中草药,中草药的香气有多少带入白酒之中还没有定量的研究结果等等。因此,还需要进一步从已掌握的东西中追根求源,了解生产原料与白酒微量成分之间生成的量比关系,从而为生产原料的合理配比与生产工艺制定提供科学依据。

(2) 高产白酒主体风味成分的基因菌构建与应用。深入研究传统白酒酿造中风味微生物及风味微生物之间的相互作用,揭示风味微生物与白酒微量成分尤其是主体成分的关系,进一步通过 DNA 重组技术构建高产白酒主体风味成分的基因工程菌株,用于传统白酒酿造的强化发酵,从而有效提高白酒的品质。

(3) 白酒功能因子的深入研究。中国传统白酒的功能因子研究还刚刚起步,需要进一步识别和发现白酒中微量成分的功能因子,揭示功能因子的生成机理,以便更有效地调控白酒酿造过程中功能因子的积累,提高中国传统白酒功能因子的含量,从而使它具有某些特定的生理作用。

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] 章克昌. 酒精与蒸馏酒工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1995.

[3] 徐岩, 范文来, 吴群, 等. 风味技术导向白酒酿造基础研究的进展[J]. 酿酒科技, 2012(1): 17-23.

[4] 范文来, 徐岩. 中国白酒风味物质研究的现状与展望[J]. 酿酒, 2007, 34(4): 31-37.

[5] 李维青. 雒议白酒中微量成分的分类[J]. 酿酒, 2006, 33(3): 29-31.

[6] 张文学, 赖登焯, 余有贵. 中国酒概述[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.

[7] 李家民. “五三”原理比较简析——食品酿造微生态与人体消化道微生态规律性研究[J]. 酿酒, 2016, 43(1): 3-16.

[8] 徐占成, 张新兰, 张毅. 中国名酒剑南春香味物质生成途径与作用的探讨[J]. 酿酒, 2005, 32(2): 1-6.

[9] 徐岩, 吴群, 范文来, 等. 中国白酒中四甲基吡嗪的微生物产生途径的发现与证实[J]. 酿酒科技, 2011(7): 37-40.

[10] 刘洋, 赵婷, 姚粟, 等. 一株芝麻香型白酒高温大曲嗜热放线菌的分离与鉴定[J]. 生物技术通报, 2012(10): 210-216.

[11] 余有贵. 泸州和邵阳大曲培养过程中微生物的比较研究[J]. 酿酒, 2005(2): 23-25.

[12] 余有贵. 邵阳大曲培养过程微生物的研究[J]. 酿酒科技, 1999(2): 26-28.

[13] 安维彬, 李大和, 李天道, 等. 制曲过程微生物的研究[J]. 酿酒, 1989, 16(2): 38-56.

[14] 吴雪梅. 豉香型白酒酒曲微生物的研究[J]. 酿酒科技, 2013(6): 61-64.

[15] 余有贵. 生态酿酒新技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2016.

[16] 丁云连. 汾酒特征香气物质的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.

[17] 黄晓宁, 黄晶晶, 李兆杰, 等. 浓香型和酱香型大曲微生物多样性分析[J]. 中国酿造, 2016, 35(9): 33-37.

[18] 杨强, 王衍, 童国强. 清香型小曲酒的香味组分特点及风味特征[J]. 酿酒科技, 2001(2): 75-76.

[19] 余有贵, 李侦, 熊翔, 等. 窖泥微生态的主要特征研究[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 258-261.

[20] 余有贵, 张文武, 曹乐, 等. 老化窖池与常规窖池的窖泥特性与发酵性能比较[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 2-5.

[21] 任宏彬. 汾酒香气成分及陈酿行为的研究[D]. 太原: 山西大学, 2016: 38.

[22] 高月明, 栗永清. 对洋河大曲酒典型风格的探讨[J]. 酿酒, 1996, 23(1): 53-54, 52.

[23] BAKKALI F, AVERBECK S, AVERBECK D, et al. Biological effects of essential oils: a review[J]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46(2): 446-475.

[24] 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.

[25] 钟玉叶, 崔如生. 洋河酒厂的多粮工艺创新[J]. 酿酒, 2007, 34(5): 28-32.

[26] 王敬义. 凤型酒与酒海贮酒的研究(初报)[J]. 酿酒科技, 1992(6): 75-77.

[27] 徐飞, 张毅, 徐占成, 等. 色谱闻香在白酒风味物质对其酒体风味的影响分析研究[J]. 酿酒, 2012, 39(5): 26-30.

[28] 沈怡方. 中国白酒感官品质及品评技术历史与发展[J]. 酿酒, 2006, 33(4): 3-4.

[29] 徐岩, 范文来, 吴群, 等. 风味技术导向白酒酿造基础研究的进展[J]. 酿酒科技, 2012(1): 17-23.

[30] 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.

[31] 柳军, 范文来, 徐岩, 等. 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.

[32] 曹静, 余有贵, 曹智华, 等. 中国复合香型白酒研究进展[J]. 食品与机械, 2017, 33(7): 200-204, 209.

[33] 刘明, 钟其顶, 熊正河, 等. 酒类“风味轮”及在白酒感官描述分析技术上的应用前景[J]. 酿酒, 2011, 38(2): 15-22.

[34] 范文来, 徐岩, 黄永光. 白酒对健康有益还是有害? [J]. 酿酒科技, 2014(11): 1-5.

[35] 程明亮, 吴君, 张文胜, 等. 茅台酒对肝脏的作用及其影响的实验研究[J]. 中华医学杂志, 2003, 83(3): 237-241.

[36] 郑曼. 不同剂量白酒对大鼠血管内皮功能、血脂和血糖影响的研究[D]. 锦州: 辽宁医学院, 2012: 24.

[37] 刘明华, 肖顺汉, 税丕先, 等. 白酒对小鼠机体免疫功能的调节作用[J]. 酿酒科技, 2012(7): 60-61.

(下转第 219 页)

市售活性炭碘吸附值为 627.73 mg/g。碱蓬基活性炭的碘吸附值高于市售活性炭 37.98%，吸附性能明显优于市售普通活性炭。

3 结论

(1) 正交试验获得的最佳工艺参数为 H_3PO_4 - $ZnCl_2$ 质量分数 30%，活化温度 500 °C，活化时间 80 min，在此优化条件下制备的碱蓬活性炭平均得率为 43.39%；碘吸附值达 865.45 mg/g，比普通市售活性炭高出 37.98%。

(2) 双联活化剂 H_3PO_4 - $ZnCl_2$ 制备高性能碱蓬活性炭，是一种原料廉价、方法高效、高性能吸附能力的方法，可以为碱蓬资源的开发利用提供理论参考。

(3) 本试验制备的成品活性炭具有良好的吸附性能，再运用到生物及食品工业生产中，存在 Zn^{2+} 残留的问题。在优化试验基础上，可以进一步脱除离子以及进行活性炭表面改性，使其用途更加广泛。

参考文献

- [1] 徐思, 肖信彤, 张义, 等. 生物基活性炭纤维活化机理及应用研究[J]. 化工新型材料, 2014, 42(8): 213-215.
- [2] 李冰璟, 胡娟, 左军, 等. 生物活性炭吸附工艺去除地下水中甲基叔丁基醚的可行性研究[J]. 环境污染与防治, 2011, 33(3): 20-27, 43.
- [3] 时亦飞. 枣木基活性炭的制备与改性及吸附甲醛研究[D]. 济南: 山东建筑大学, 2017: 22-27.
- [4] 郭晖, 张记升, 朱天星, 等. 利用核桃壳制备高比表面积活性炭电极材料的研究[J]. 材料导报, 2016, 30(2): 24-27, 33.
- [5] 罗永华, 王若敏. 山核桃壳活性炭的制备工艺对其吸附活性的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(4): 227-230.
- [6] 孙媛媛. 芦竹活性炭的制备、表征及吸附性能研究[D]. 济南: 山东大学, 2014: 27-29.
- [7] 崔洋洋, 周凤琴, 郭庆梅, 等. 中药碱蓬的文献考证与研究进展[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(10): 2 645-2 646.
- [8] 段迪, 杨青, 李涛, 等. 紫红色表型盐地碱蓬叶片营养成分分析[J]. 山东师范大学学报: 自然科学版, 2008(3): 118-120.
- [9] 张泽生, 王丽, 杨建波, 等. 盐地碱蓬的化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(6): 775-776, 813.
- [10] 赵学思, 师仁丽, 李岩, 等. 碱蓬黄酮提取物的体外抗氧化及抑菌性研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(13): 63-66, 71.
- [11] 沙爱龙, 杨雪萍, 王伟, 等. 硬枝碱蓬多糖对免疫抑制小鼠血清中 NO 含量及 NOS 活性的影响[J]. 四川动物, 2013, 32(1): 90-92.
- [12] LEI Guo, CHAO Liu. Extraction and Antioxidant Activity of Ultrasonic-Assisted Flavonoids from Suaeda salsa[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 1 481(140): 303-307.
- [13] LI Shao-xin, LI Ji-hong, HU Xu-teng, et al. Study on enzymatic saccharification of Suaeda salsa as a new potential feedstock for bio-ethanol production[J]. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 2013, 44(6): 927-933.
- [14] 陈然然, 邵荣, 杨剑, 等. 碱蓬籽油脂的超临界 CO_2 提取工艺优化[J]. 化学工程师, 2015, 29(1): 61-64, 71.
- [15] 杨晓丽, 地里热巴·沙它尔, 李翔, 等. 灵芝超微粉理化特性研究[J]. 食品与生物技术学报, 2013, 32(1): 69-74.
- [16] 李晓强, 兰丽娟. 椰壳活性炭和煤基活性炭的表面形貌及吸附性能比较[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(6): 288-290.
- [17] 王玉新, 刘聪敏, 周亚平. 竹质中孔活性炭的制备及其吸附性能研究[J]. 功能材料, 2008(3): 420-423.
- [18] TING Yang, AIK Chong Lua. Textural and chemical properties of zinc chloride activated carbons prepared from pistachio-nut shells[J]. Materials Chemistry and Physics, 2006, 100(2): 58-64.
- [19] 郭晖, 张记升, 朱天星, 等. 利用核桃壳制备高比表面积活性炭电极材料的研究[J]. 材料导报, 2016, 30(2): 24-27, 33.
- [20] ARAÚJO B R, REIS J O, REZENDE E I, et al. Application of termite nest for adsorption of Cr(VI)[J]. Journal of Environmental Management, 2013, 129: 216-223.
- [21] 徐岩, 张荣, 吴群, 等. 白酒中生物活性物质脂肽类化合物的鉴定及其功能的研究[J]. 酿酒科技, 2014(12): 1-4.
- [22] 尤贺, 唐文竹, 孙玉梅, 等. 产生物表面活性剂的地衣芽孢杆菌种子培养条件研究[J]. 工业微生物, 2016, 46(3): 31-35.
- [23] SENNEVILLE E, CAILLON J, CALVET B, et al. Towards a definition of daptomycin optimal dose: Lessons learned from experimental and clinical data[J]. International Journal of Antimicrobial Agents, 2015, 47(1): 12-19.
- [24] KAWAGOE Y, SHIRAIISHI S, KONDO H, et al. Cyclic lipopeptide iturin A structure dependently induces defense response in Arabidopsis, plants by activating SA and JA signaling pathways[J]. Biochemical & Biophysical Research Communications, 2015, 460(4): 1 015-1 020.
- [25] LEE M H, LEE J, NAM Y D, et al. Characterization of antimicrobial lipopeptides produced by Bacillus sp. LM7 isolated from chungkookjang, a Korean traditional fermented soybean food[J]. International Journal of Food Microbiology, 2016, 221: 12-18.

(上接第 195 页)

- [38] 范文来, 徐岩. 白酒功能因子与品质安全问题[J]. 酿酒科技, 2012(3): 17-22.
- [39] 胡国芬, 王建平. 川芎嗪的药理作用及临床应用进展[J]. 中国药物与临床, 2006, 6(10): 773-774.
- [40] 胡光源, 范文来, 徐岩. 董酒中萜烯类物质的研究[J]. 酿酒科技, 2011(7): 29-33.
- [41] 范文来, 徐岩. 白酒中重要的功能化合物萜烯综述[J]. 酿酒, 2013(6): 11-16.
- [42] KORKCH A R, JULIANI H R, ZYGADLO J A. Bioactivity of essential oil and their components[M]. BERGER R G. Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability. Heideberg, Germany: Springer, 2007: 87-115.
- [43] LY G, KNORRE A, SCHMIDT T J, et al. The anti-inflammatory sesquiterpene lactone helenalin inhibits the transcription factor NF-K B by directly targeting p65 [J]. Journal of Biological Chemistry, 1988, 273(50): 33 508.