

白酒酿造谷物类原料中结合态香气物质的分离及检测分析

朱伟岸^{1,2}, 吴群^{1,2}, 李记明², 徐岩^{*1,2}

(1. 江南大学 教育部工业生物技术重点实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 生物工程学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 为更好的了解酿造原料的香气物质, 作者对以非挥发性前体形式存在的结合态香气物质进行了分析。通过萃取、旋蒸、固相萃取(SPE)得到香气物质前体, 水解后结合态香气物质从前体释放, 结合顶空固相微萃取(HS-SPME)与气象色谱-质谱(GC-MS)进行香气成分分析。作者对高粱、玉米、大麦、小麦、糯米、大米等 6 种酿造原料进行了分析, 共检测到 35 种结合态香气物质, 其中醇类 4 种, 酯类 3 种, 醛酮类 10 种, 酸类 6 种, 芳香族类 4 种, 萜类 6 种, 杂环类 2 种。
关键词: 酿造原料; 结合态香气物质; 固相萃取(SPE); 顶空固相微萃取(HS-SPME); 气相色谱-质谱(GC-MS)

中图分类号: TS 261 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2015)05—0456—07

Isolation and Analysis of Bound Aroma Compounds in Different Raw Brewing Materials

ZHU Weian^{1,2}, WU Qun^{1,2}, LI Jiming², XU Yan^{*1,2}

(1. Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;
2. School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Raw cereal materials are the basis for Chinese liquor making, which determine the quality of liquor. In order to have a better understanding of aroma compounds in raw brewing materials, the bound aroma compounds which exist in the style of precursors were analyzed in this study. The precursors could be got from several processes: extraction with organic solvent, dryness with rotary evaporator in vacuo, and SPE. The free compounds were released from precursors after acid hydrolysis. Then these bound aroma compounds were investigated by HS-SPME-GC-MS. In this study, bound aroma compounds in 6 cereals were analyzed and the total of 35 bound aroma compounds were identified and quantified, including 4 kinds of alcohols, 3 kinds of esters, 10 kinds of ketones and aldehydes, 6 kinds of acids, 4 kinds of aromatic compounds, 6 kinds of terpenoids,

收稿日期: 2014-02-08

基金项目: 国家 863 计划项目(2012AA021301, 2013AA102108); 国家自然科学基金项目(31000806, 31371822, 31271921); 2011 协同创新计划。

* 通信作者: 徐岩(1962—), 男, 浙江慈溪人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事酶工程与发酵工程方面的研究。

E-mail: yxu@jiangnan.edu.cn

and 2 kinds of heterocycle compounds.

Keywords: brewing materials, bound aroma compounds, SPE, HS-SPME, GC-MS

原料是白酒酿造的基础,它不仅为微生物提供了赖以生长的能量和营养物质,而且自身含有大量香气前体物质,对酿造产品的风味产生重要影响。因此,酿造原料的品质会对酿造产品的质量有很大的贡献。

在国外的葡萄酒研究中,对原料葡萄的研究非常透彻,研究重点主要集中在葡萄自身香气物质上^[1]。品种^[2]、生长条件^[3]、成熟度^[4-5]的不同,都会造成葡萄自身香气的差异,并影响到葡萄酒的质量。葡萄酒的香气可分为品种香、发酵香、陈酿香^[6],品种香即葡萄自身香气,分为游离态和结合态两种形式,只有游离态的香气物质才具有香气效果,结合态香气物质以前体形式存在,需要释放变为游离态才是有效的香气物质^[7],果汁经过固相萃取(SPE)分离得到前体,酶解或酸解后释放出香气,进而进行检测分析^[2,7]。而结合态香气物质可达游离态香气物质的2~8倍^[8],因此对结合态香气物质进行研究更有意义。

以谷物类为酿酒原料的白酒,原料的研究主要集中在其自身理化性质上:直连和支链淀粉的比例^[9]、蛋白质的含量^[10]或者单宁^[11]、花青素^[12]等微量活性物质会影响到微生物的生长,从而影响酒的品质。但是,对原料自身香气物质的研究却很少。谷物类原料是固态基质,不能像葡萄汁那样直接进行固相萃取,从而分离出结合态香气物质的前体,方法的限制使得谷物类酿造原料中结合态香气物质的研究不能顺利进行。作者研究了原料中结合态香气物质(前体)的提取方法,并对水解条件进行了优化,以常见的酿酒原料为研究对象,通过顶空固相微萃取与气象-质谱联用技术,对结合态香气物质进行了定性定量分析。该研究不仅完善了原料香气物质的分析技术体系,而且可以成为评价原料的一种新手段,对酿造产品的品质控制也有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

酿造原料:江苏某酒厂;无水乙醇、无水甲醇、无水乙醚、戊烷、氯化钠、盐酸、氢氧化钠;分析纯,

购自上海国药集团;4-甲基-2-戊醇、乙醇、甲醇及鉴定中标明有RI的化合物:色谱纯,购自Sigma-Aldrich(上海)公司;XAD-2树脂:购自上海安谱科学仪器有限公司。

Agilent GC 6890 N 气象色谱和 5975 MSD 质谱仪:美国安捷伦公司;MPS-2 自动进样器:德国 Gerstel 公司;FFAP 色谱柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm):上海安谱科学仪器有限公司;真空固相萃取装置(Visiprep DL SPE):Sigma-Aldrich(上海)公司;循环水真空泵:巩义市予华仪器有限责任公司;BUCHI R-210 旋转蒸发器:瑞士 BUCHI 公司;Milli-Q 超纯水系统:美国 Millipore 公司;超声波处理仪:天津 Autoscience 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 前体的萃取 参考 Cai 等^[13]关于烟叶中结合态香气物质提取方法并进行改进,分别用甲醇和乙醇进行先后萃取,并配合超声处理。将萃取液在 30℃下旋转蒸发至干,加入 20 mL 超纯水将干物质溶解,即得到前体溶液 I。

1.2.2 前体的分离纯化 将前体溶液 I 用 5 mL 重蒸乙醚/戊烷萃取(1:1)萃取,以除去游离态的香气物质。参照果汁中结合态香气物质的分离方法,采用固相萃取(SPE)的方法^[12]将得到的前体溶液进一步分离纯化,得到更加纯净的前体溶液 II。

1.2.3 前体水解条件的优化

1)水解 pH 的优化:前体会在酸性条件下释放出香气物质,以高粱样品作为样本,用 1 mol/L 的盐酸和 1 mol/L 的氢氧化钠溶液调节前体溶液的 pH,得到 pH 为 6、5、4、3、2、1 的样品溶液。将调好 pH 的样品密封后,沸水浴处理 30 min。

2)水解时间的优化:按照上述优化后的结果调节前体溶液 pH 密封后,沸水浴分别处理 10、20、30、40、50、60 min。

1.2.4 HS-SPME-GC-MS 定性定量分析

1)HS-SPME 及 GC-MS 分析条件:参考 Xu 等^[14]利用 HS-SPME-GC-MS 测定香气物质的方法,取 8 mL 水解后的样品加入到顶空瓶中,用氯化钠饱和,

加入 10 μL 内标 (4-甲基-2-戊醇, 43.60 mg/L), 进行顶空固相微萃取。萃取条件为: 60 $^{\circ}\text{C}$ 平衡 5 min, 吸附萃取 45 min; GC-MS 解吸附 5 min, 250 $^{\circ}\text{C}$ 。

GC 条件: 进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$, 载气 He, 流速 2 mL/min, 不分流进样。升温程序: 50 $^{\circ}\text{C}$ 保持 2 min, 以 6 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 速率升温至 230 $^{\circ}\text{C}$, 并保持 15 min。MS 条件: EI 电离源, 离子源温度 230 $^{\circ}\text{C}$, 电子能量 70 eV, 扫描范围 35~350 amu。

2) 定性及定量分析: 首先通过质谱谱库检索与 NIST 05 a.L 库的标准质谱图比对定性, 然后再通过计算所测物质的保留指数 (RI), 并与文献中报道的 RI 值进行比对定性。以超纯水为溶剂配置一定浓度的待测物标准液, 并进行梯度稀释。每个梯度的标准液取 8 mL 于顶空瓶中进行分析, 分析条件与样品分析条件相同。采用选择离子 (SIM) 计算各化合物的峰面积, 以化合物和内标物质的峰面积比为横坐标, 质量浓度为纵坐标, 建立标准曲线。样品经 GC-MS 检测后, 将待测物质与内标物质的峰面积比代入标准曲线方程, 计算出样品中该物质的质量分数, 再换算为原料中的质量浓度。

2 结果与讨论

2.1 水解条件的优化

结合态香气物质的前体需要经过酶解或者酸解才可以变为挥发性的香气物质释放出来, 酸解与酶解相比所得香气物质的种类和产量更多。为更好地了解酿造原料中结合态香气成分, 作者选择了对前体进行酸解处理的方案。但是水解时的 pH 以及水解时间都会对释放的香气含量有影响, 因此在进行香气物质分析之前, 对水解条件进行优化, 优化的指标为水解后检测到的香气物质总峰面积 (最大组按 100% 计) 和种类数。

首先, 对水解时的 pH 进行了探究, 结果见图 1。结果表明: 当 $\text{pH} > 3$ 时, 水解后检测到的香气物质总峰面积基本上是 $\text{pH} \leq 3$ 时的一半, 香气物质种类也要少; 在 pH 1、2、3 水解后检测到的香气物质总量相差不大, 香气物质的种类均为 27 种。因此本实验中选取了 pH 3 作为优化后的条件。

水解时间对释放香气物质的影响结果见图 2。水解 30 min 时, 释放香气物质的总量已达到平衡, 而且此时得到香气物质的种类也达到最多, 为 27 种, 因此选择水解 30 min 为最优水解时间。综合结

果可得, 最佳的前体物质水解条件为: pH 3、30 min。

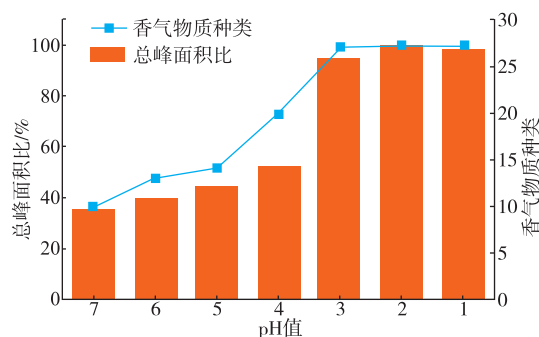


图 1 pH 值对释放香气物质的影响

Fig. 1 Effect of pH on the release of aroma compounds

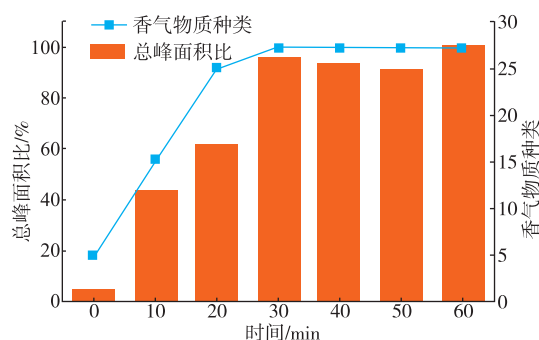


图 2 水解时间对释放香气物质的影响

Fig. 2 Effect of hydrolysis time on the release of aroma compounds

2.2 酿造原料中结合态香气物质的分析

经过有机溶剂萃取、旋蒸、水溶、固相萃取 (SPE) 等步骤, 分别提取了高粱、玉米、大麦、小麦、大米、糯米等 6 种酿造原辅料中结合态香气物质的前体。水解后, 应用 HS-SPME 结合 GC-MS 技术对结合态香气物质进行分析, 共定性定量了 35 种香气化合物, 见表 1。这些物质基本上均在白酒中有检测到^[15-16], 包括 α -萜品醇、 β -大马酮等微量成分。

酯类化合物: 白酒中含量最为丰富的一类化合物, 在原料中共检测到了己酸乙酯、琥珀酸二乙酯、棕榈酸乙酯等 3 种酯类结合态酯类物质, 但是含量不是很多。

醇类化合物: 醇类物质是酒中重要的呈香物质, 原料结合态香气物质中共检测到 4 种醇类物质, 分别是 3-甲基-1-丁醇、1-己醇、1-辛烯-3-醇和 1-辛醇。其中 1-己醇的质量分数在 288.69~399.42 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 是质量分数较多的一种醇类物质; 1-辛烯-3-醇具有淡淡的蘑菇香气^[17], 是比较特殊的一

种醇类,质量分数在 52.01~132.18 $\mu\text{g/kg}$ 。

酸类化合物:酸类物质都是和醇类反应生成酯的前驱物,共检测到戊酸、己酸、庚酸、辛酸、壬酸、E-2-辛烯酸 6 种酸类物质。壬酸的平均质量分数最高,为 123.58 $\mu\text{g/kg}$ 。其次是己酸和辛酸,E-2-辛烯酸在汾酒中虽有过报道^[15],但是却没有进行定量分析,几种原料中的质量分数为 14.83~123.95 $\mu\text{g/kg}$ 。

醛酮类化合物:醛酮类物质是结合态香气物质中种类及含量最多的一类化合物,平均占到所有结合态香气物质含量的 38%左右。在检测到的 10 种醛酮类化合物中癸醛的质量分数最多,在 185.22~259.76 $\mu\text{g/kg}$ 之间;1-辛烯-3-酮具有淡淡的蘑菇清香^[18],平均质量分数为 35.47 $\mu\text{g/kg}$;反,反-2,4-壬二烯醛和反,反-2,4-癸二烯醛两种二烯醛具有淡淡的脂肪香^[19],平均质量分数分别为 111.65、58.41 $\mu\text{g/kg}$ 。

芳香族类化合物:芳香族类化合物可以使酒的口感更加和谐,共检测到苯乙醛、苯甲醇、 β -苯乙醇、苯酚等 4 种芳香族类物质。其中 β -苯乙醇具有玫瑰韵味^[20],而苯酚的质量分数最高,达 210.82 $\mu\text{g/kg}$ 。

杂环类化合物:共检测到 2 种杂环类结合态香气物质,2-戊基呋喃和四甲基吡嗪,仅在高粱、豌豆、玉米中检测到了四甲基吡嗪。

萜类化合物:萜类物质葡萄酒中重要的一类香气物质,大部分以前体形式存在,在发酵及陈酿过程中逐渐释放出来,近几年来在白酒中也发现这类重要的化合物^[21]。谷物类原料可以为酒提供里哪醇氧化物、 α -柏木烯、 α -萜品醇、 β -大马酮、香叶基丙酮、脱氢- β -紫罗兰酮等 6 种萜烯类物质;香叶基丙酮的质量分数最多,平均为 24.81 $\mu\text{g/kg}$,与清香型白酒相似。

将各原料中结合态香气物质质量浓度进行 Z

表 1 酿造原料中结合态香气物质的质量浓度

Table 1 Bound aroma compounds in raw brewing materials

序号	化合物	RI	RIL ^[15,21]	定量离子	斜率	截距	R ²	质量浓度/($\mu\text{g/L}$)
酯类化合物								
1	己酸乙酯(Ethyl hexanoate)	1 151	1 235	88	1.522	-0.054	0.998	29.81~30.31
2	丁二酸二乙酯(Diethyl succinate)	1 671	1 655	101	1.108	-0.412	0.999	0~35.73
3	棕榈酸乙酯(Ethyl Palmitate)	2 192	2 242	88	0.025	0.013	0.994	0~26.03
醇类化合物								
4	3-甲基-1-丁醇(3-methyl-1-butanol)	1 134	1 110	55	2.367	-1.364	0.999	0~481.52
5	1-己醇(1-hexanol)	1 342	1 352	69	10.441	0.749	0.998	288.69~399.42
6	1-辛烯-3-醇(1-octene-3-alcohol)	1 415	1 449	57	9.583	0.413	0.996	52.01~132.18
7	1-辛醇(1-octanol)	1 534	1 539	56	4.881	0.215	0.994	61.91~124.59
酸类化合物								
8	戊酸*(pentanoic acid)	1 734	1 730	60	-	-	-	0~35.73
9	己酸(hexanoic acid)	1 837	1 840	60	15.711	-0.541	0.996	17.71~229.46
10	庚酸*(heptylic acid)	1 937	1 952	60	-	-	-	0~71.41
11	辛酸(Octanoic Acid)	2 030	2 058	60	18.904	4.059	0.996	21.81~191.44
12	壬酸(Nonanoic acid)	2 122	2 165	60	20.799	7.705	0.994	26.99~260.41
13	E-2-辛烯酸(2-Octenoic acid, (E)-)	2 142	2 183	41	1.714	0.053	0.995	14.83~123.95
醛酮类化合物								
14	辛醛(Octanal)	1 228	1 270	43	3.945	-0.041	0.997	13.95~38.72
15	壬醛(Nonanal)	1 350	1 369	57	2.911	-0.167	0.991	5.92~193.31
16	2-辛烯醛(2-Octenal)	1 402	1 421	55	5.677	0.063	0.994	19.01~190.25
17	癸醛(Decanal)	1 471	1 472	57	10.87	-3.658	0.991	185.22~259.76
18	2-壬烯醛(2-Nonenal)	1 520	1 516	55	1.675	-0.045	0.992	20.11~105.50
19	2-癸烯醛(2-Decenal)	1 637	1 636	55	0.641	0.012	0.991	14.91~77.33
20	2-十一醛(2-undecanal)	1 756	1 744	41	0.505	0.002	0.997	0~43.04

续表 1

序号	化合物	RI	RIL ^[15,20]	定量离子	斜率	截距	R ²	质量浓度/(μg/L)
	醛酮类化合物							
21	反,反-2,4-壬二烯醛(2,4-Nonadienal, (E,E)-)	1 712	1 683	81	0.311	0.643	0.997	75.87~147.52
22	反,反-2,4-癸二烯醛(2,4-Decadienal, (E,E)-)	1 769	1 808	81	0.477	0.075	0.994	5.43~111.38
23	1-辛烯-3-酮(1-octene-3-ketone)	1 252	1 305	55	0.199	0.054	0.995	19.94~50.99
	芳香族类化合物							
24	苯乙醛(Benzeneacetaldehyde)	1 653	1 689	91	0.738	-0.060	0.998	0~49.85
25	苯甲醇(Benzyl Alcohol)	1 877	1 898	79	0.125	0.003	0.991	0~42.05
26	β-苯乙醇(β-Phenylethyl Alcohol)	1 912	1 910	91	0.575	0.089	0.997	0~41.33
27	苯酚(Phenol)	1 995	2 031	94	1.985	-0.109	0.995	0~210.82
	杂环类化合物							
28	2-戊基呋喃(Furan, 2-pentyl-)	1 155	1 213	81	5.671	-0.961	0.991	11.76~465.53
29	四甲基吡嗪(Pyrazine, tetramethyl-)	1 461	1 480	54	0.529	0.152	0.998	0~29.85
	萜类化合物							
30	顺式-里哪醇氧化物 *(cis-Linaloloxide)	1 448	1 426	69	-	-	-	0~21.92
31	α-柏木烯(α-cedrene)	1 548	1 545	119	2.043	0.022	0.998	1.66~51.30
32	α-萜品醇(α-terpineol)	1 695	1 687	93	0.174	-0.001	0.991	0~5.61
33	β-大马酮(β-damascenone)	1 826	1 832	121	0.071	0.002	0.999	0.59~6.84
34	香叶基丙酮(Geranylacetone)	1 851	1 852	69	0.398	0.043	0.996	18.11~30.13
35	脱氢-β-紫罗兰酮 * (dehydro-β-ionone)	1 939		43	-	-	-	0~19.67

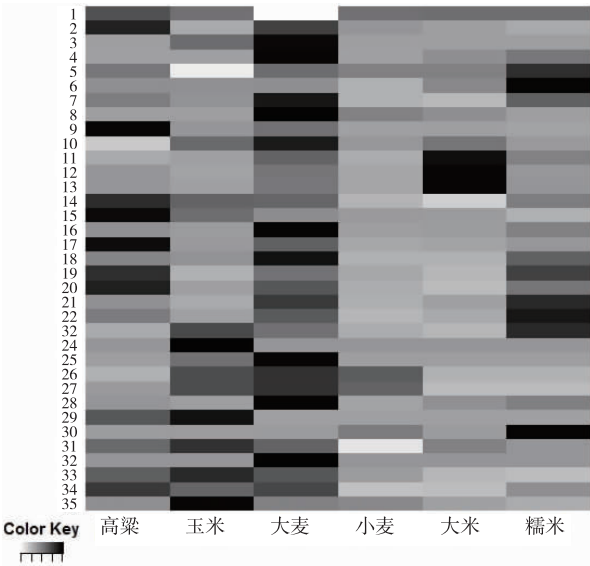
注:RI,经过计算得到的保留指数;RIL,文献中查阅得到的保留指数。列出 RIL 的物质都是通过保留指数和 MS 双重定性。
*,表示为半定量结果。

标准化后制作热图,见图 3。可以看出,每种原料中结合态香气物质质量浓度差别比较大。比如大麦中 3-甲基-1-丁醇(序号 4)的质量浓度非常高,而该物质是一种让人“上头”的高级醇,俗话说“大麦冲”可能也有这方面的原因;而玉米中萜烯类物质(序号 30-35)总体上均高于其他几种原料,而这些萜烯类物质都具有甜甜的果香、花香,这就促成了“玉米甜”。

总之,这些结合态香气物质在经过微生物酶促作用或者蒸馏作用,从前体释放,构成了酿造产品的重要风味物质,这都证明了研究酿造原料中结合态香气物质的重要性。

3 结 语

酿造原料中含有一些以前体形式存在的结合态香气物质,这些香气物质会在发酵过程或者蒸馏过程中释放出来,成为酿造产品风味的组成部分,不同原料中结合态香气物质的种类和质量浓度均有差别。作者建立了一种酿造原料中结合态香气物



注:数字序号与表 1 中序号相对应;颜色深浅(黑—白)代表质量浓度的大小。

图 3 6 种酿造原料中结合态香气物质质量浓度热图
Fig. 3 Heat map of bound aroma compounds in 6 raw brewing materials

质的提取方法,并结合顶空固相微萃取与气象质谱联用技术对其进行了定性定量分析,方法简单、实用。利用该方法对酿造原料中的结合态香气物质进

行分析,可以成为筛选原料的一种新的手段,为今后深入的研究原料与酒之间的品质关系和质量控制提供了技术支持。

参考文献:

- [1] Loscos N, Hernandez-Orte P, Cacho J, et al. Release and formation of varietal aroma compounds during alcoholic fermentation from nonfloral grape odorless flavor precursors fractions [J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2007, 55 (16): 6674-6684.
- [2] Rodríguez-Bencomo J J, Cabrera-Valido H M, Pérez-Trujillo J P, et al. Bound aroma compounds of Gual and Listán blanco grape varieties and their influence in the elaborated wines[J]. **Food Chemistry**, 2011, 127(3): 1153-1162.
- [3] Qian M C, Fang Y, Shellie K. Volatile composition of Merlot wine from different vine water status [J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2009, 57(16): 7459-7463.
- [4] Fang Y, Qian M C. Quantification of selected aroma-active compounds in Pinot noir wines from different grape maturities[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2006, 54(22): 8567-8573.
- [5] Palomo E S, Dí az-Maroto M C, Vinas M A G, et al. Aroma profile of wines from Albillo and Muscat grape varieties at different stages of ripening[J]. **Food Control**, 2007, 18(5): 398-403.
- [6] 张明霞, 吴玉文, 段长青. 葡萄与葡萄酒香气物质研究进展 [J]. 中国农业科学, 2008, 41(7): 2098-2104.
ZHANG Mingxia, WU Yuwen, DUAN Changqing. Progress in study of aromatic compounds in grape and wine [J]. **Scientia Agricultura Sinica**, 2008, 41(7): 2098-2104. (in Chinese)
- [7] Kinoshita T, Hirata S, Yang Z, et al. Formation of damascenone derived from glycosidically bound precursors in green tea infusions[J]. **Food Chemistry**, 2010, 123(3): 601-606.
- [8] Berger R G, Jan A. Biotechnology of aroma compounds[M]. New York: Springer, 1997.
- [9] 田晓红, 谭斌, 谭洪卓, 等. 20 种高粱淀粉特性[J]. 食品科学, 2010, 31(15): 13-21.
TIAN Xiaohong, TAN Bing, TAN Hongzuo, et al. Properties of sorghum starches from twenty varieties in China[J]. **China Food Science**, 2010, 31(15): 13-21. (in Chinese)
- [10] 杜金娟, 吴琼英, 贾俊强, 等. 甜高粱蛋白的氨基酸组成和营养学评价[J]. 食品工业, 2013, 7: 47.
DU Jinjuan, WU Qiongying, JIA Junqiang, et al. Nutrition evaluation and amino acid composition of protein from sorghum (*Sorghum bicolor* L.) moench[J]. **The Food Industry**, 2013, 7: 47. (in Chinese)
- [11] 任建军. 高粱中单宁含量的测定分析[J]. 食品工业科技, 2006, 27(2): 175-176.
REN Jianjun. Analysis of tannins content in sorghum[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2006, 27(2): 175-176. (in Chinese)
- [12] 刘睿, 潘思轶, 谢笔钧. 高粱原花青素对 α -淀粉酶和蛋白酶活力影响的 DSC 研究[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(7): 60-62.
LIU Rui, PAN Siyi, XIE Bijun. DSC Study of the effect of sorghum proanthocyanidins on α -amylase and protease activity[J]. **Food and Fermentation Industries**, 2006, 32(7): 60-62. (in Chinese)
- [13] Cai J, Liu B, Ling P, et al. Analysis of free and bound volatiles by gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry in uncased and cased tobaccos[J]. **Journal of Chromatography A**, 2002, 947: 267-275.
- [14] Luo T, Fan W, Xu Y. Characterization of volatile and semi-volatile compounds in Chinese rice wines by headspace solid phase microextraction followed by gas chromatography-mass spectrometry [J]. **Journal of the Institute of Brewing**, 2008, 114(2): 172-179.
- [15] 高文俊, 范文来, 徐岩. 西北高原青稞酒重要挥发性香气成分[J]. 食品工业科技, 2013, 22(34): 49-57.
GAO Wenjun, FAN Wenlai, XU Yan. Important volatile aroma compounds in the liquor made from highland barley in northwest China[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2013, 22(34): 49-57. (in Chinese)
- [16] Fan W, Qian M C. Characterization of aroma compounds of Chinese "Wuliangye" and "Jiannanchun" liquors by aroma extract dilution analysis[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2006, 54(7): 2695-2704.
- [17] 张艳芳, 陶文沂. 两种发酵酱油风味物质的分析研究[J]. 精细化工, 2008, 25(5): 486-490.

- ZHANG Yanfang, TAO Wenyi. Comparative analysis of flavor compounds in two different fermentation soy sauce [J]. **Fine Chemicals**, 2008, 25(5): 486-490. (in Chinese)
- [18] 丁一, 肖愈, 黄瑾, 等. SPME-GC/MS 技术分析高粱大豆丹贝及大豆丹贝中的挥发性成分 [J]. 食品科学, 2013, 34(20): 131-137.
- DING Yi, XIAO Yu, HUANG Jin, et al. Analysis of volatile components in soybean and soybean-sorghum tempeh by SPME-GC-MS[J]. **China Food Science**, 2013, 34(20): 131-137. (in Chinese)
- [19] 张宁, 陈海涛, 蔡艳梅, 等. SDE-GC-MS 分析肯德基吮指原味鸡的挥发性风味成分[J]. 食品科学, 2011, 32(22): 268-272.
- ZHANG Ning, CHEN Haitao, QI Yanmei, et al. Analysis of volatile of KFC original recipe fried chicken by simultaneous distillation extraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. **China Food Science**, 2011, 32(22): 268-272. (in Chinese)
- [20] 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.
- JIANG Weiguang, LI Jiming, XU Yan, et al. Analysis of aroma components in four red grape varieties [J]. **China Food Science**, 2011, 32(6): 225-229. (in Chinese)
- [21] 范文来, 徐岩. 白酒中重要的功能化合物萜烯综述[J]. 酿酒, 2013, 40(6): 11-16.
- FAN Wenlai, XU Yan. Review of important functional compounds terpenes in Baijiu (Chinese Liquor)[J]. **Liquor Making**, 2013, 40(6): 11-16. (in Chinese)

会 议 信 息

会议名称(中文): “从生态系统到现代农业”国际高端学术研讨会

所属学科: 生态学, 农林基础

开始日期: 2015-06-26

结束日期: 2015-06-27

所在城市: 甘肃省 兰州市

具体地点: 兰州大学

主办单位: 中国细胞生物学会植物器官发生专业委员会 中国植物学会植物生理及分子生物专业委员会

承办单位: Journal of Integrative Plant Biology (JIPB) 兰州大学生命科学学院

摘要截稿日期: 2015-05-01

联系人: 陈凌凤

联系电话: 18600545856 010-62836133

E-MAIL: jipblanzhou2015@ibcas.ac.cn

邮政编码: 100093

会议注册费: ¥1000

会议网站: <http://lifesc.lzu.edu.cn/fh/201503/1495.html>

会议背景介绍: 由中国细胞生物学会植物器官发生专业委员会、中国植物学会植物生理及分子生物专业委员会和 JIPB 联合组织的“从生态系统到现代农业”国际高端学术研讨会将于 2015 年 6 月 26 日至 27 日在兰州大学召开。会议将邀请一批国内外从事植物生物学研究的知名学者, 聚焦“从生态系统到农业”相关前沿问题, 探讨植物科学的发展前景, 展示植物多样性、分子进化、植物生长发育、环境应答等领域的最新成果在现代农业中的应用, 促进国内外专家与青年学者之间的互动交流。