

文章编号:1673-1689(2010)01-0033-07

两种膜过滤生产的纯生酱油风味物质比较

冯杰¹, 詹晓北^{*1}, 周朝晖², 张丽敏¹, 郑志永¹, 吴剑荣¹

(1. 江南大学 工业生物技术教育部重点实验室,江苏 无锡 214122; 2. 广东珠江桥生物科技股份有限公司,广东 广州 528415)

摘 要: 利用有机膜和无机膜对生酱油进行膜过滤实验获得纯生酱油。利用固相微萃取-气质联用技术对两种纯生酱油的风味成分进行分析,通过谱图检索,共鉴定了 70 种物质,其中醇类 18 种,酚类 5 种,酯类 13 种,醛类 13 种,酮类 5 种,酸类 2 种,杂环化合物类 8 种,烃类 6 种。主体风味成分为醇类、酚类、醛类、酮类、杂环化合物,这为提高和改进传统发酵酱油的风味提供了依据。

关键词: 有机膜;无机膜;纯生酱油;固相微萃取;气相色谱-质谱联用;风味物质

中图分类号: TQ 620.72

文献标识码: A

Comparative Analysis of Flavor Compounds in Draft Soy Sauce Origin from Two Different Membranes

FENG Jie¹, ZHAN Xiao-bei^{*1}, ZHOU Zhao-hui², ZHANG Li-min¹, ZHENG Zhi-yong¹, WU Jian-rong¹

(1. Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;
2. Guangdong PRB Bio-tech Co., Ltd, Guangzhou 528415, China)

Abstract: In this manuscript, two different membranes, namely organic membrane and inorganic membrane were used for raw-soy sauce filtration to obtain draft soy sauce. Solid phase micro-extraction (SPME) and GC-MS were applied to analyze the flavor compounds of the draft soy sauce. Totally 70 compounds were identified from those two samples. These compounds included alcohols (18 kinds), phenols (5 kinds), esters (7 kinds), aldehydes (13 kinds), ketones (5 kinds), acids (2 kinds), heterocyclics (8 kinds) and hydrocarbon (6 kinds). Among of them, the main flavor compounds were alcohols, phenols, aldehydes, ketones heterocyclic. The results of this study provided evidence for the improvement and enhancement of the traditional fermentation of soy sauce.

Key words: organic membrane, inorganic membrane, draft soy sauce, solid phrase micro-extraction (SPME), gas chromatography-mass spectrum (GC-MS), flavor compounds

酱油是我国传统的酿造调味品,早在周朝就已经开始制作并食用^[1],至今已有 3000 多年的历史。

酱油香气成分主要由酱油中的一些风味物质组成。香气成分在酱油中含量极微,成分极为复杂却十分

收稿日期:2009-02-16

基金项目:国家科技支撑计划重点项目(2008BAI63B06,2007BAK36B03),国家重点基础研究发展计划项目(2007CB714303)。

*通讯作者:詹晓北(1962-),男,北京人,美国博士,教授,博士生导师,主要从事生化工程与反应器等研究。

Email:xbzhan@yahoo.com

重要。对酱油的香气成分的剖析,为进一步丰富和改善酱油风味、改进发酵工艺、提高产品质量提供研究依据。与国外先进水平相比,特别是与日本相比,在风味成分研究上我国还有很大差距。因此,当对蛋白质和淀粉质的利用达到一定程度后,对风味成分进行研究是十分必要的。

膜分离技术是一种常温处理、无相变、操作简单的新型分离技术,采用膜技术对生酱油进行除菌和澄清处理,可以不损害酱油的原有风味,在常温下有效地去除细菌、酶等物质以及其它悬浮物^[2-3],获得味道丰满圆润的酱油,同时省去硅藻土过滤工序,简化工艺流程^[4]。日本在20世纪80年代已将超滤应用于酱油生产^[5],并且取得了很好的研究成果,而国内采用微滤或超滤技术过滤酱油方面的研究还较少。

作者以固态发酵酱油的原油为对象,采用中空纤维微滤膜(有机膜)和陶瓷微滤膜(无机膜)进行过滤实验,运用固相微萃取-气质联用技术对其香气成分进行分析,通过检索NIST和Wiley质谱图库,对各香气组分进行定性分析。重点研究了膜过滤前后酱油中的风味成分,同时与传统的热灭菌技术进行了比较。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

膜过滤装置:由PALL过滤器(北京)有限公司广州分公司提供的中空纤维小试系统(PALL Oenoflow系统)和陶瓷膜小试系统(XLAB3可滤性实验装置),膜为PALL公司产的中空纤维膜(聚偏二氟乙烯材质)和陶瓷膜(Membralox)。

风味物质分析设备:Trace GC-MS气质联用仪(Finnigan, USA);15 mL带聚四氟乙烯瓶盖的样品瓶;TurboMatrix TD热脱附进样器(Perkin Elmer, USA);85 μm PA(聚丙烯酸酯)萃取纤维头。

酱油:由国内某酱油厂提供的原油。

1.2 实验方法

1.2.1 过滤方法 采用错流过滤技术^[7]。采用中空纤维膜柱和陶瓷膜柱对国内某酱油厂提供的原油进行了可滤性实验,料液处理量为2~3 L,错流过滤操作温度为31~33 $^{\circ}\text{C}$ 。过滤结束后先用冷水冲洗系统至回流液无色,接着用60 $^{\circ}\text{C}$ 热水循环清洗10 min,然后用60 $^{\circ}\text{C}$ 的1 g/dL NaOH和0.2 g/dL H_2O_2 混合溶液循环清洗30 min。

1.2.2 膜材料和膜孔径的选择 中空纤维微滤膜(有机膜:聚偏二氟乙烯材质;孔径分别为0.1、0.2、

0.45 μm ;膜外径分别为2.2、3.9、2.0 mm;膜壁厚分别为0.8、1.3、0.9 mm,膜件过滤面积分别为0.12、0.08、0.1 m^2 ;水通量分别为15、8、29 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。陶瓷微滤膜(无机膜:氧化锆材质;孔径分别为0.05、0.1、0.2、0.8 μm ;膜内径均为7 mm;膜壁厚为0.6~0.9 mm;膜件过滤面积均为0.005 m^2 ;水通量分别为32、28、37、65 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。**1.2.3 固相微萃取方法** 准确吸取10 mL酱油样品置于15 mL顶空瓶中,在磁力搅拌器上在50 $^{\circ}\text{C}$ 加热平衡15 min,将老化好的85 μm PA萃取头插入样品瓶顶空部分,推出纤维头,于50 $^{\circ}\text{C}$ 顶空吸附30 min,吸附后的萃取头取出后插入气相色谱进样口,于250 $^{\circ}\text{C}$ 解吸3 min。

1.3 分析方法

采用美国瓦里安公司气相色谱串联质谱联用仪1200L GC/MS-MS。

色谱条件:色谱柱为DB-WAX,30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μm 毛细管柱;载气为He气;流量0.8 mL/min,不分流进样。程序升温:起始温度40 $^{\circ}\text{C}$,保持4 min,以6 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升至160 $^{\circ}\text{C}$,再以10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升至220 $^{\circ}\text{C}$,保持6 min。

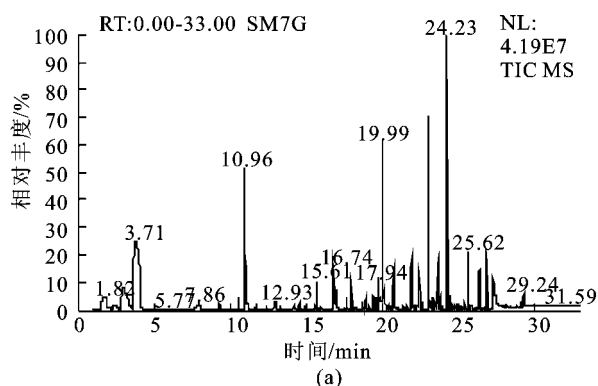
质谱条件:接口温度为250 $^{\circ}\text{C}$;离子源温度200 $^{\circ}\text{C}$;离子化方式EI;电子能量70 eV;检测电压,350 V;发射电流200 μA 。

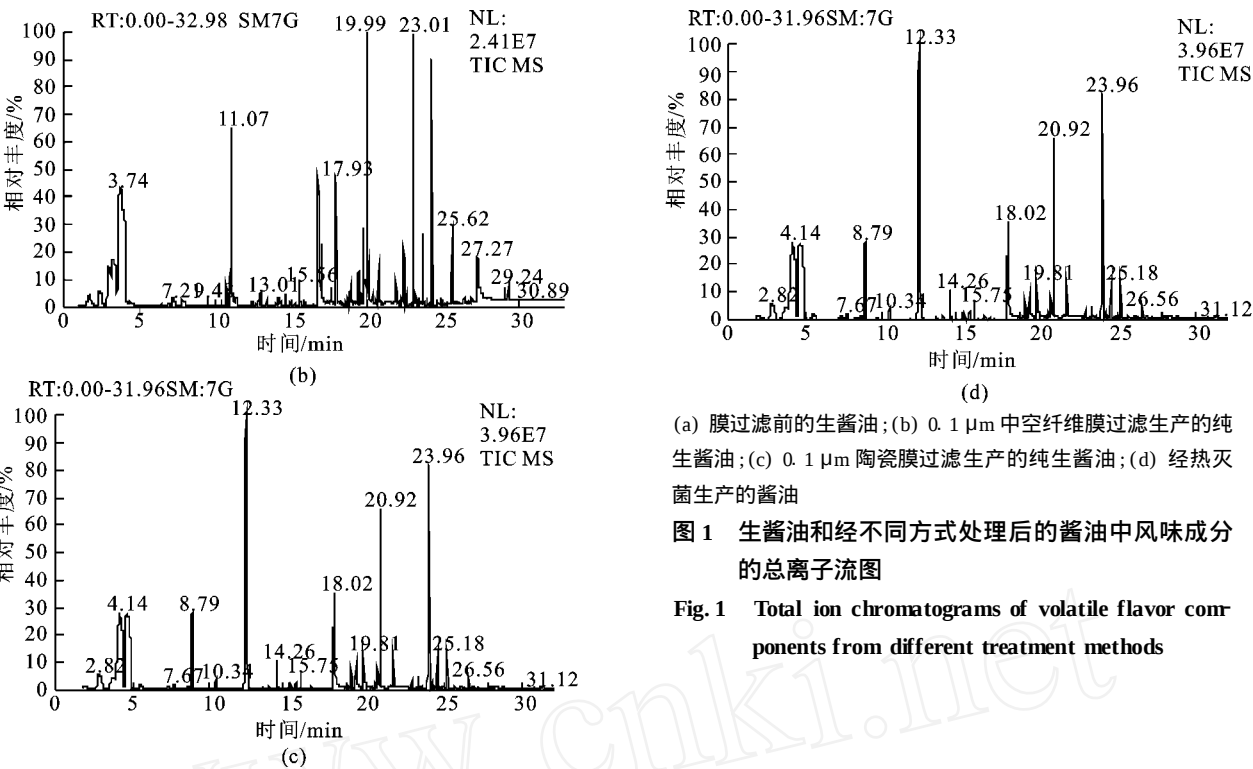
实验数据处理由Xcalibur软件系统完成,未知化合物经计算机检索,同时与NIST谱库和Wiley质谱库相匹配进行定性^[8],采用峰面积归一化法进行相对定量。

2 结果与讨论

2.1 实验结果

膜过滤前后及热灭菌处理的酱油风味成分的总离子色谱图见图1。固相微萃取-气质联用技术分离鉴定出的酱油中风味物质及其峰面积和相对峰面积分数见表1所示。





(a) 膜过滤前的生酱油;(b) 0.1 μm 中空纤维膜过滤生产的纯生酱油;(c) 0.1 μm 陶瓷膜过滤生产的纯生酱油;(d) 经热灭菌生产的酱油

图 1 生酱油和经不同方式处理后的酱油中风味成分的总离子流图

Fig. 1 Total ion chromatograms of volatile flavor components from different treatment methods

表 1 生酱油和经不同方式处理后的酱油中风味成分固相微萃取—气质联用技术分析结果
Tab. 1 Flavor components of raw soy sauce and different treatment by SPME-GC-MS

酱油种类和相关数据								
序号	风味物质种类和名称	过滤前 生酱油 峰面积 比例/ %	有机膜过滤液		无机膜过滤液		热灭菌酱油	
			峰面积 比例/ %	回收 率/ %	峰面积 比例/ %	回收 率/ %	峰面积 比例/ %	回收 率/ %
1	醇 乙醇	21.69	16.27	65	18.99	94	16.05	86
2	异丁醇	1.17	0.66	49	0.68	62	0.04	4
3	丁醇	0.48	0.43	79	0.35	79	0.60	147
4	3-环己烯-1-甲醇	0.50	0.63	111	0.31	68	ND	ND
5	异戊醇	11.68	8.52	63	9.55	87	ND	ND
6	己醇	0.16	0.17	91	0.12	79	0.07	47
7	5-甲基-3-庚醇	0.17	0.16	81	0.25	61	ND	ND
8	1-辛烯-3-醇	0.61	1.42	102	1.08	89	ND	ND
9	辛醇	0.26	ND	ND	ND	ND	0.06	24
10	2-呋喃甲醇	6.22	6.29	88	4.96	85	4.56	85
11	3-甲硫基丙醇	1.55	1.00	56	1.05	73	ND	ND
12	苯甲醇	0.29	0.21	63	0.19	69	0.07	28
13	苯乙醇	8.54	7.65	78	6.49	81	6.71	91
14	乙基苯乙基乙醇	0.41	0.10	22	0.18	48	0.06	17
15	1-苯基-2-丁烯-1-醇	0.13	0.15	99	0.13	105	ND	ND
16	3-庚醛-1-醇	0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND
17	(s)-(-)-对-1-烯-8-醇	0.12	ND	ND	0.11	100	ND	ND
18	5-十九烯-1-醇	0.13	0.10	70	ND	ND	ND	ND

续表 1

序号	风味物质种类和名称	酱油种类和相关数据						
		过滤前 生酱油 峰面积 比例/ %	有机膜过滤液		无机膜过滤液		热灭菌酱油	
			峰面积 比例/ %	回收 率/ %	峰面积 比例/ %	回收 率/ %	峰面积 比例/ %	回收 率/ %
19	酚 愈创木酚	1.20	1.10	79	0.95	85	0.30	29
20	4-乙基愈创木酚	9.24	4.95	46	7.4	86	ND	ND
21	4-乙基-苯酚	1.75	1.51	75	1.36	83	ND	ND
22	苯酚	0.19	0.15	66	0.13	72	0.06	33
23	2,4-双(1,1-二甲基乙基)-苯酚	1.46	0.13	8	0.35	26	ND	ND
24	酯 异丙烯基乙酸酯	0.88	1.76	74	1.18	143	ND	ND
25	乙酸乙酯	1.92	4.37	98	1.9	106	0.57	34
26	乳酸乙酯	0.33	0.33	87	0.31	100	0.52	183
27	2-苯乙基乙酸酯	1.64	ND	ND	1	65	0.18	13
28	甲酸丁酯	0.41	ND	ND	0.1	27	ND	ND
29	羟基乙酸甲酯	0.26	0.18	62	0.19	78	ND	ND
30	环戊十一烷酸甲酯	0.12	0.14	103	ND	ND	ND	ND
31	10-甲基-E-11-十三碳烯-1-醇丙酸盐	0.14	ND	ND	ND	ND	ND	ND
32	十四烷酸乙酯/肉豆蔻酸乙酯	0.41	ND	ND	0.1	26	ND	ND
33	十六烷酸乙酯	0.11	0.10	80	0.23	29	ND	ND
34	十五烷酸乙酯	0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND
35	异丁基邻苯二甲酸酯	0.15	0.26	148	0.11	79	ND	ND
36	2-丙烯基乙酯	1.10	1.00	78	0.42	40	ND	ND
37	醛 2-甲基丁醛	0.21	4.04	67	2.25	113	0.37	101
38	2-甲基-丁烯醛	1.00	0.60	52	0.95	102	0.21	25
39	辛醛	0.61	0.16	22	0.59	104	ND	ND
40	壬醛	1.25	0.88	61	1.28	110	ND	ND
41	3-甲硫基丙醛	2.76	4.02	127	2.94	114	2.90	122
42	糠醛	1.05	1.93	59	1.36	138	3.46	181
43	癸醛	0.45	0.52	100	0.86	102	ND	ND
44	苯甲醛	1.03	2.93	46	2.52	60	0.56	63
45	苯乙醛	2.00	3.64	58	3.78	102	1.08	62
46	亚乙基苯乙醛	0.48	0.20	36	0.58	28	0.15	36
47	3-(2,6,6-三甲基-1-环己烯基)-2-丙烯醛	0.23	0.13	49	0.15	72	ND	ND
48	己醛	0.21	0.16	66	0.11	57	ND	ND
49	3-甲基-2-丁烯醛	0.13	0.33	117	0.74	105	ND	ND
50	酮 双环[3.3.0]辛-1(2)-烯-3-酮	0.13	0.11	74	0.11	92	ND	ND
51	2-呋喃基乙基乙烯酮	0.39	0.38	85	0.43	20	0.14	41
52	3,4,7,8,9,10-六氢化-6H-吡啶[1,2-a]氮杂卓-2-酮	0.16	0.45	51	ND	ND	ND	ND

续表 1

		酱油种类和相关数据						
序号	风味物质种类和名称	过滤前 生酱油 峰面积 比例/ %	有机膜过滤液		无机膜过滤液		热灭菌酱油	
			峰面积 比例/ %	回收 率/ %	峰面积 比例/ %	回收 率/ %	峰面积 比例/ %	回收 率/ %
53	4-(3-甲基-3,7,7-三甲基-2-乙二酸-1-环庚基)-2-丁酮	0.21	0.14	57	0.1	50	ND	ND
54	1-羟基-2-丙酮	0.25	0.21	75	0.2	89	ND	ND
55	酸 1-羟基-环己烷羧酸	0.55	0.72	114	0.56	109	ND	ND
56	戊酸	0.45	0.33	63	0.19	44	ND	ND
57	杂环 2,6-二甲基-吡嗪	0.33	0.25	67	0.29	94	ND	ND
58	1-甲基-2-酞基-2-哌啶	0.18	ND	ND	0.15	89	0.06	41
59	2-乙酰基吡咯	1.47	1.37	81	1.14	83	0.91	72
60	甲基-吡嗪	0.21	0.21	88	0.19	97	0.15	86
61	乙基-吡嗪	0.13	0.14	91	ND	ND	ND	ND
62	2-乙酰呋喃	0.45	0.35	67	0.54	28	ND	ND
63	2,5-二甲氧基-2,5-二氢呋喃	0.38	0.47	109	0.37	104	0.05	14
64	2-壬基-噻吩	0.48	0.32	59	1.9	107	ND	ND
65	烃 1-甲基-环十二碳烯	3.39	3.31	85	ND	ND	ND	ND
66	1-氯辛烷	0.38	0.29	65	0.46	108	ND	ND
67	1,1-二乙氧基-2-乙基己烷	0.22	0.49	193	0.1	49	ND	ND
68	(1R-4R-8R-9R-10S)-4-甲基-2-氧杂三环辛烷	0.20	ND	ND	ND	ND	ND	ND
69	1,2-二(乙烯氧基)乙烷	0.19	0.17	78	0.14	78	ND	ND
70	(甲硫基)环己烷	0.21	0.18	74	0.12	63	ND	ND

注:ND-未检出。

从表 1 中可以看出,用固相微萃取-气质联用技术对不同处理方法的酱油风味成分进行了分析,通过谱图检索并结合有关文献,鉴定出醇类 18 种,酚类 5 种,酯类 13 种,醛类 13 种,酮类 5 种,酸类 2 种,杂环化合物类 8 种和烃类 6 种,共 8 大类物质。

2.2 醇类物质

实验共检出 18 种醇类物质。醇是以乙醇为代表,它产生使人愉快的气味,这是糖类物质在耐盐酵母作用下生成的。另外,检出的苯乙醇和 1-辛烯-3-醇对酱油风味也起重要作用,苯乙醇特有的玫瑰样的香气,先苦后甜的桃子样的味道,以游离态或酯化结合态存在于某些天然产物中,在发酵酒类中也曾检出^[9]。1-辛烯-3-醇被报道为具有强烈的愉快的壤香香气,带有浓重药草香韵,近似于薰衣草、玫瑰和干草的香气,甜的药草似的味道^[10]。呋喃醇具有特殊的苦辣气味。3-甲硫基丙醇有很强的刺激气味,在浓度很低时具有强烈的芬芳的肉或肉汤样的香气和味道。醇类还对其他物质具有调香作用。

2.3 酚类物质

在检出的 5 种酚类物质中,愈创木酚特有甜香

香气,微带酚的气息,典型的烟熏风味化合物,存在于咖啡、酒和干酪中。4-乙基愈创木酚(4-EG)具有典型的酱香和烟熏气味,口感有发酵酱油特有的滋味,这种成分的香气特征明显,香气活性强,对风味贡献大,并对形成酱油丰满的风味有较大贡献,是提高香气特征的关键^[11]。可以认为它是酱油风味中有代表性的化合物之一,同时它还具有中和调节酱油中盐分的成味的作用^[9]。

2.4 酯类物质

实验检出的酯类化合物是以乙酸乙酯、乳酸乙酯及长链脂肪酸酯为代表,其本身就是水果、饮料、烟草中广泛存在的风味物质,在酱油中起着香甜、浓郁而柔和的基底作用,可以增强其他如苯乙醇等风味化合物的气味,同时可以起到缓冲酱油中咸味的作用。酯香具有香味清、散逸快、远、易感觉到的特点。其中十四烷酸乙酯、十五烷酸乙酯和十六烷酸乙酯都是豆类等在发酵过程中产生的,具有典型的果香味,使酱油的香气更浓厚、平衡、融合、协调。

2.5 醛酮类物质

醛呈辛辣刺激性气味,在酱油香气中起调和的



作用。醛类化合物一般可与醇类发生反应,产生与本身不同的香气,使酱油的风味更加复杂化^[12]。其中,糠醛由五碳糖经微生物发酵生成,具有焦香气味和甜样焦糖气味。酮呈果香、甜样的焦糖气味^[13]。

2.6 酸类物质

通常酸类物质在酱油中含量很少,因为它有刺激性气味、一般只起调和作用。一些酸可能是氨基酸降解后并经氧化或还原生成的产物,也可能是饱和脂肪酸氧化降解形成的,实验检出的长链脂肪酸是弱极性化合物,这些不饱和脂肪酸对酱油的味感平衡具有调节作用^[14]。

2.7 杂环化合物类物质

从酱油香气成分中检出8种杂环化合物,以呋喃类和吡咯类化合物为主,对酱油的香气成分贡献很大。2-乙酰呋喃具有强烈的香酯、甜香气息,通常存在于芦笋、加热的牛肉、啤酒、白兰地、朗姆酒、红

酒、可可和咖啡中;2-乙酰基吡咯具坚果味、带些微香豆素的香气,还有茶味香味,味甜^[15]。吡啶类化合物体现青香和坚果香^[16-17]。吡嗪类化合物是含有1,4-二氮杂苯母环的一类化合物的总称,这类化合物具有强烈的香气,而且其香气透散性好,极限浓度极低,具有坚果、水果、豌豆、芝麻、花生、胡椒等香味,烷基吡嗪类化合物体现一种烤香,类似坚果香和烘香的风味特征^[13,16,18],呈坚果的焙烤香气,是许多烘烤制品。

2.8 烃类物质

烃类物质本身并不是风味物质,其在酱油风味中的作用还有待进一步研究。

2.9 不同处理方法的风味成分比较

实验中分别对原油,有机膜过滤液、无机膜过滤液和热灭菌酱油中的醇类、酚类、酯类、醛类、酮类、酸类、杂环类、烃类和其他类化合物的含量进行比较,结果见图2。

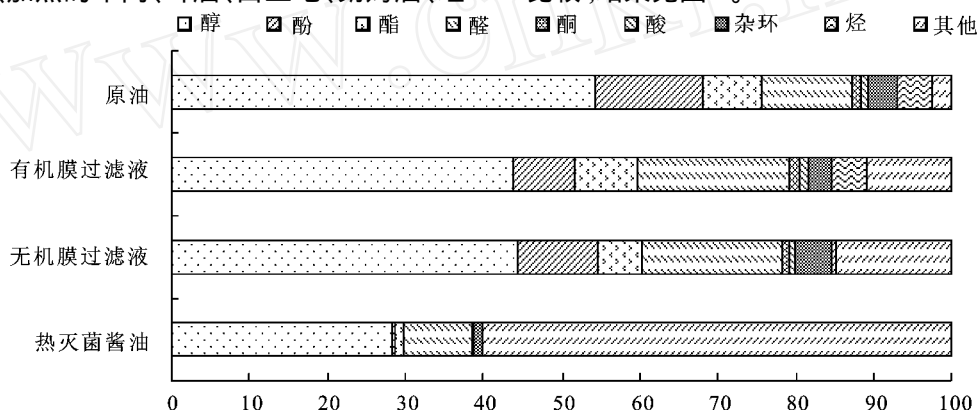


图2 生酱油和经不同方式处理后的酱油中各类化合物的相对质量分数

Fig. 2 The relative content of compounds from different treatment methods in soy sauce and raw soy sauce

由表1和图2可以得到,醇类物质在两种过滤液中有少量损失,其中,有机膜过滤液有3种醇类物质未被检出,分别是辛醇、3-庚醛-1-醇和(s)-(-)-对-1-烯-8-醇;无机膜过滤液有3种醇类物质未被检出,分别是辛醇、3-庚醛-1-醇和5-十九烯-1-醇。酚类物质在两种过滤液中损失也较少,其中无机膜过滤液的酚类物质含量损失少于无机膜过滤液。其他类化合物的两种膜处理后的纯生酱油其损失量也较少。对于酱油风味形成的关键物质,像4-乙基愈创木酚、愈创木酚、3-甲硫基丙醇、乙酸乙酯和乳酸乙酯等物质的含量损失较少甚至无损失,可见膜过滤对于保持酱油的原有口味有很好的作用。有机膜过滤液中的醇类、酚类和杂环类物质比无机膜过滤液中对应的物质种类损失要多,可能是由于有机膜对于这几类物质的吸附具有一定的偏好性。而对于热灭菌酱油,其各种类的化合物损失量均远

大于膜过滤。其中,热灭菌酱油风味物质的检出种类也少于膜过滤液的种类,甚至在热灭菌酱油中没有检测出酸类和烃类物质,说明热灭菌技术处理酱油使酱油风味物质的损失较大。另外,与国内同类研究分析结果进行比较和分析,首次检出了形成酱油风味的主体成分1-辛烯-3-醇、3-甲硫基丙醇、4-乙基愈创木酚、愈创木酚、十四烷酸乙酯、十五烷酸乙酯、十六烷酸乙酯等。

3 结 语

1) 运用固相微萃取-气质联用技术对不同处理方法的酱油风味成分进行了比较分析,通过检索NIST和Wiley质谱图库共鉴定了醇、酚、酯、醛、酮、酸、杂环化合物和烃8类共70种物质。形成酱油风味的主体成分是乙醇、苯乙醇、4-乙基愈创木酚、愈创木酚、3-甲硫基丙醇、乙酸乙酯和乳酸乙酯

等。其他成分的组成与含量的不同是形成不同风味酱油的原因。因此,酱油风味是多组分共同作用的结果,挥发性成分的组成不同,决定了不同发酵工艺酱油的风味的不同。

2) 从实验结果可知,膜过滤用于生产纯生酱油,能很好的保持了原有发酵酱油的原风味,与传统的熟灭菌技术相比,具有理想的发展前景。

3) 通过对不同生产方法的酱油风味成分进行

的检测结果为我国酱油风味成分组成的探明提供了初步数据,还为工厂如何改善酱油风味及酱油酿造工艺提供有关理论参考。并且也可以找出国产酱油风味成分与国外酱油风味组成的差别。

4) 膜技术用于酱油过滤,由于设备及运行成本高,在国内仍然没有普及,如果能够进一步提高膜的过滤能力和使用寿命及降低运行成本,则膜过滤在纯生酱油的生产中必将实现产业化应用。

参考文献(References):

- [1] 包启安. 酱油小史[J]. 科技文粹, 1994, 9:104.
BAO Qi-an. History of soy sauce [J]. *Technology*, 1994, 9:104. (in Chinese)
- [2] Balbuena M B. Regeneration of Spanish style green table olive brines by ultrafiltration[J]. *Journal of Food Science*, 1998, 6: 1733 - 1736. (in Chinese)
- [3] 唐湘华, 许锁链, 慕跃林, 等. 米曲霉 ASP-m21 产果胶酶及其酶学性质[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 28(2): 112 - 116.
TANG Xiang-hua, Xu Su-lian, Mu Yue-lin, et al. Study on characteristics of polygalacturonase production from *Aspergillus oryzae*[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2008, 28(2): 112 - 116. (in Chinese)
- [4] 李梅生, 赵宜江, 张艳, 等. 陶瓷微滤膜处理生酱油的工艺研究[J]. 食品与机械, 2007, 1: 120 - 124.
LI Mei-sheng, Zhao Yi-jiang, Zhang Yai, et al. Study on treatment of raw soy sauce by ceramic micro-filtration membrane [J]. *Food and Machinery*, 2007, 1: 120 - 124. (in Chinese)
- [5] Nichol D J, Cheryan M. Production of soy isolates by ultrafiltration: process engineering characteristics of the hollow fibre system[J]. *J Food Proc Preserve*, 1981, 5(2): 103 - 108.
- [6] 黄秀锦. 无机陶瓷膜超滤提高黄酒非生物稳定性的研究[J]. 食品科技, 2006, 6: 77 - 80.
HUANG Xiu-jin. Study on the enhancement of the non - biological stability of the rice wine by the inorganic ceramic membrane ultrafiltration[J]. *Food Science and Technology*, 2006, 6: 77 - 80. (in Chinese)
- [7] 谭佩毅. 无机陶瓷膜酱油的澄清工艺研究[J]. 江苏食品与发酵, 2006, 4: 22 - 23.
Tan Pei-yi. Study on clarification of soy sauce by the inorganic ceramic membrane ultrafiltration[J]. *Jiangsu Food and Fermentation*, 2006, 4: 22 - 23. (in Chinese)
- [8] Vandendool H, Kratz P D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas liquid partition chromatography[J]. *J Chromatogr*, 1963, 8(11): 463 - 471.
- [9] 济南市轻工研究所. 合成实用香料手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1985.
- [10] 王林祥, 刘杨岷, 王建新. 酱油风味成分的分离与鉴定[J]. 中国调味品, 2005, 1: 45 - 48.
WANG Lin-xiang, Liu Yang-min, Wang Jian-xin. Isolation and identification of the flavor components[J]. *China Condiment*, 2005, 1: 45 - 48. (in Chinese)
- [11] 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, 5(25): 486 - 490.
ZHANG Yan-fang, Tao Wen-yi. Comparative analysis of flavor compounds in two different fermentation soy sauce[J]. *Fine Chemicals*, 2008, 5(25): 486 - 490. (in Chinese)
- [12] 邹延军, 周光宏, 赵改名, 等. 金华火腿生产过程中风味成分的变化[J]. 食品与生物技术学报, 2005, 24(4): 1 - 12.
HUAN Yan-jun, Zhou Guang-hong, Zhao Gai-ming, et al. Time related changes in flavor compounds of jinhua dry-cured ham during processing[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2005, 24(4): 1 - 12. (in Chinese)
- [13] 熊芳媛, 蔡明招, 吴惠勤, 等. 老抽香气成分 GC - MS 分析[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(7): 100 - 105.
XIONG Fang-yuan, Cai Ming-zhao, Wu Hui-qin, et al. Constituents of major odor-active compounds in dark soy sauce by GC-MS[J]. *Food Research and Development*, 2008, 29(7): 100 - 105. (in Chinese)
- [14] 熊芳媛, 蔡明招, 吴惠勤, 等. 酱油香气成分的研究 - 头油和生抽香气成分的比较[J]. 中国酿造, 2008, 9: 51 - 55.
XIONG Fang-yuan, Cai Ming-zhao, Wu Hui-qin, et al. Study on aroma constituents of soy sauce-comparison on premium soy sauce and light soy sauce[J]. *China Brewing*, 2008, 9: 51 - 55. (in Chinese)
- [15] F Shahidi. 肉制品与水产品的风味[M]. 李杰, 朱国斌, 译. 北京: 中国轻工出版社, 2001: 8.
- [16] 张秋华, 骆赞椿. 水溶性甲壳素衍生物的制备及其应用[J]. 江苏化工, 1998, 4: 36 - 40.
ZHANG Qiu-hua, Luo Zan-chun. Preparation of water - soluble derivatives of chitin and its application[J]. *Jiangsu Chemical Industry*, 1998, 4: 36 - 40. (in Chinese)
- [17] 范有成. 香料及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 1990: 34.
- [18] 贾春晓, 王多斌, 孙晓丽, 等. 烘烤葵花籽的香气成分分析[J]. 食品工业科技, 2006, 27(8): 60 - 62.
JIA Chun-xiao, Wang Duo-bin, Sun Xiao-li, et al. Baking sunflower aroma component analysis[J]. *Food Industry Technology*, 2006, 27(8): 60 - 62. (in Chinese)

(责任编辑:李春丽)