

北京产干黄酱中挥发性风味成分分析

苗志伟, 柳金龙, 官 伟, 刘玉平 *

(北京工商大学食品学院, 食品风味化学北京市重点实验室, 北京 100048)

摘 要:以北京地区 5 种知名品牌的干黄酱为原料, 采用同时蒸馏萃取法提取并结合气相色谱-质谱联用技术 (gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS) 对其挥发性风味成分进行分析。结果共鉴定出 69 种物质, 其主要是酸类(9 种)、酯类(22 种)、醛类(8 种)、酮类(4 种)、酚类(3 种)、杂环化合物(13 种)、含硫化合物(3 种)和其他化合物(7 种)等; 5 种干黄酱中共有的成分是乙酸乙酯、棕榈酸乙酯、十八烯酸乙酯、亚油酸乙酯、亚麻酸乙酯、异戊醛、苯乙醛、4-乙炔基愈创木酚、糠醛、2-乙酰基吡咯、3-甲基丙醛等, 这些物质共同形成了该 5 种干黄酱的相同风味, 而其中不同的成分又使得该 5 种干黄酱香气各有特色。

关键词:干黄酱; 同时蒸馏萃取; 气相色谱-质谱联用; 风味

Analysis of Volatile Flavor Compounds of Dry Yellow Soybean Sauce Made in Beijing

MIAO Zhi-wei, LIU Jin-long, GUAN Wei, LIU Yu-ping*

(Beijing Key Laboratory of Flavor Chemistry, School of Food and Chemical Engineering,
Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: The volatile flavor compounds of 5 different brands of commercial dry yellow soybean sauces in Beijing were extracted by simultaneous distillation-extraction (SDE) method and analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Totally 69 volatile compounds were identified, including 9 acids, 22 esters, 8 aldehydes, 4 ketones, 3 phenols, 13 heterocyclic compounds and 3 sulfur-containing compounds. The common compounds appeared in all five dry yellow soybean sauces were ethyl acetate, ethyl hexadecanoate, ethyl 9-octadecenoate, ethyl 9,12-octadecadienoate, ethyl (Z,Z,Z)-9,12,15-octadecatrienoate, 3-methyl butanal, benzeneacetaldehyde, 2-methoxy-4-vinylphenol, 3-(methylthio)-propanal, and furfural, 1-(1H-pyrrol-2-yl)-ethanone. These compounds constituted the basic flavor of the five dry yellow soybean sauces, while other flavor compounds were responsible for the unique part of their flavor.

Key words: dry yellow soybean sauce; simultaneous distillation-extraction; gas chromatography-mass spectrometer (GC-MS); flavor

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)20-0151-06

北京产干黄酱主要是以大豆、小麦粉、食盐等为原料经磨碎酿制而成, 有浓郁的酱香和酯香, 咸甜适口, 是我国的传统调味品。它不但以色、香、味、形著称, 而且具有预防肝癌、降低胆固醇和降血压等医用功效^[1]。随着人民生活水平的提高和复合调味品的发展, 消费者对可以作为基础原料酱的干黄酱的品质要求越来越高, 而风味又是反映干黄酱品质的重要指标。因此, 提取和分析干黄酱中的挥发性风味成分, 可给干黄酱的生产工艺和风味调控提供有价值的信息。

同时蒸馏萃取技术(simultaneous distillation and sol-

vent extraction, SDE)集蒸馏与萃取于一体, 是一种提取、分离和富集试样中挥发性和半挥发性成分的有效方法, 现在已广泛应用于食品、芳香植物和烟草等^[2-3]。

目前, 有关豆酱香气分析方面的研究很多^[4-8], 而针对北京干黄酱的挥发性香气分析鲜有报道, 石华治等^[9]曾对六必居干黄酱做了简单分析。为更全面地分析干黄酱的风味成分, 本实验采用同时蒸馏萃取法(SDE)对北京地区生产的 5 种知名品牌的干黄酱中挥发性成分进行提取与分析, 对比该 5 种干黄酱中挥发性香成分的异同, 以期能为干黄酱行业的完善和发展提供相关依据。

收稿日期: 2011-04-06

基金项目: 北京市教育委员会科技计划面上项目(KM200910011003)

作者简介: 苗志伟(1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为香料香精。E-mail: mzwtytc625@163.com

* 通信作者: 刘玉平(1969—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为香料化学。E-mail: liuyup@th.btbu.edu.cn

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

所选5种品牌干黄酱的基本信息见表1。二氯甲烷、乙醚、正戊烷、无水硫酸钠均为AR级；正构烷烃(色谱纯) 美国Supelco公司。

表1 干黄酱的品牌、厂家及生产日期

Table 1 Brands, manufacturers and production date of dry yellow soybean sauces

品牌名称	生产厂家	生产日期
王致和	北京二商王致和食品有限公司	2010年12月13日
老才臣	北京市老才臣食品有限公司	2010年11月17日
天源酱园	北京市六必居食品有限公司	2010年12月17日
金狮	北京二商金狮食品有限公司	2010年11月24日
宽牌	北京二商味滋康食品有限公司	2010年12月22日

6890N/5973I 气相色谱-质谱联用仪 美国Agilent公司；同时蒸馏萃取装置 肯堡博美(北京)实验器皿有限公司；DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器 河南省予华仪器有限公司；N-Evap 系列氮吹仪 上海思伯明仪器设备有限公司。

1.2 方法

1.2.1 同时蒸馏萃取制备样品

称取100g干黄酱，放入500mL圆底烧瓶中，再加入300mL去离子水和适量沸石，置于同时蒸馏装置的一端，油浴加热，温度控制在 $(125 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。另取50mL重蒸乙醚溶剂置于100mL圆底烧瓶中，加入沸石，再置于同时蒸馏装置的另一端，恒温水浴加热，温度控制在 $(45 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。连续蒸馏提取4h。提取结束，将萃取液用无水硫酸钠干燥，过滤后在 45°C 水浴条件下用Vigreux柱浓缩至约5mL，再用氮吹仪进一步浓缩至约1mL。

1.2.2 GC-MS 分析条件

色谱条件：色谱柱为DB-17ms(30.0m $\times$ 250 μm ，0.25 μm)；色谱柱起始温度 35°C ，保持1min，以 $4^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速度升至 120°C ，保持2min后，再以 $6^\circ\text{C}/\text{min}$ 速度升至 220°C ，保持10min；气化室温度 230°C ，传输线温度 230°C ，进样量1.0 μL ，载气He，载气流量1.0ml/min，分流比40:1。

质谱检测条件：EI源，电子能量70eV，离子源温度 230°C ，四极杆温度 150°C ，溶剂延迟2.2min，扫描模式Scan，扫描质量范围为33~300u。

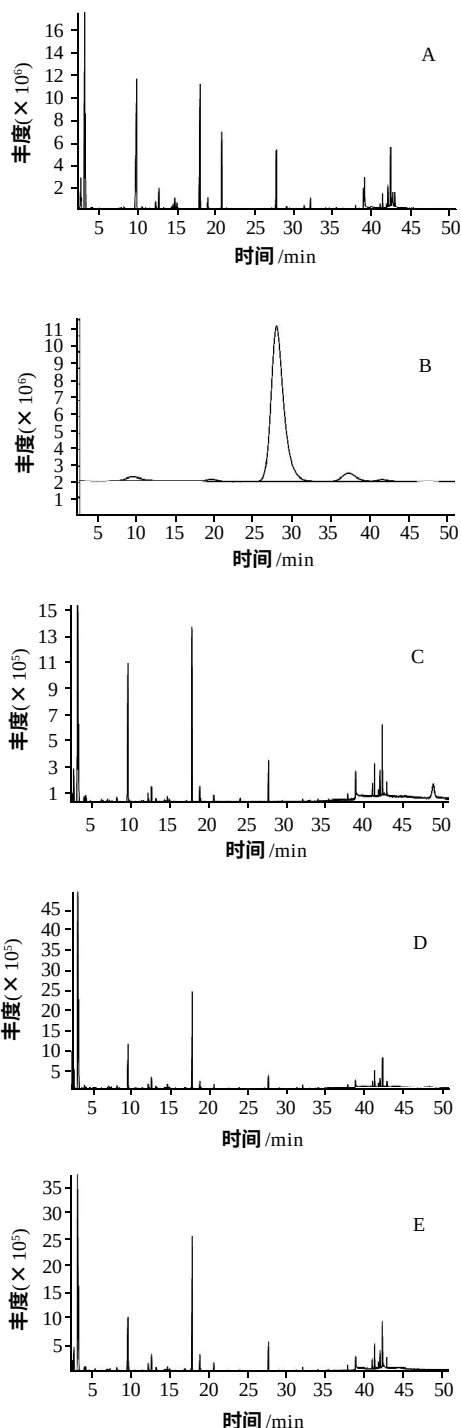
1.2.3 定性定量方法

对检测出的成分采用质谱、保留指数和标准品进行定性，采用面积归一化法对检测出的成分进行简单定量。

2 结果与分析

分别取5种品牌干黄酱中挥发性成分的浓缩液1 μL ，

经GC-MS分析，总离子流图见图1，然后通过NIST 08谱库检索、计算保留指数和标准样品定性3种鉴定方法共同确定，共鉴定出69种物质，详细情况见表2，图2可直观反映5种品牌干黄酱分析出的物质的数量和含量的对比情况。



A~E.干黄酱品牌依次为天源酱园、王致和、老才臣、金狮、宽牌。

图1 5种品牌干黄酱挥发性成分总离子流图

Fig.1 Total ion chromatogram of volatiles in five dry yellow soybean sauces

表2 5种品牌干黄酱中挥发性成分GC-MS分析结果
Table 2 GC-MS analysis of volatiles in five dry yellow soybean sauces

种类	保留时间/min	化合物名称	相对含量/%					保留指数	匹配度/%	标准品鉴定方式
			天源酱园	王致和	老才臣	金狮	宽牌			
酸类化合物	2.58	乙酸 acetic acid	—	0.02	—	0.15	—	707	86	S
	4.92	2-甲基丙酸 2-methyl propanoic acid	0.23	0.46	—	0.19	—	858	80	
	7.17	3-甲基丁酸 3-methyl butanoic acid	0.60	0.50	—	—	1.13	945	78	S
	7.22	3-甲基戊酸 3-methyl pentanoic acid	—	—	—	1.48	—	946	78	
	7.44	2-甲基丁酸 2-methyl butanoic acid	—	0.40	—	0.97	0.94	953	83	
	17.01	山梨酸 sorbic acid	—	—	—	0.23	0.75	1232	95	
	35.50	十四酸 tetradecanoic acid	0.18	—	—	—	—	1892	94	S
	39.10	十六酸 n-hexadecanoic acid	4.22	—	—	—	—	2108	97	S
	42.72	亚油酸 (Z,Z)-9,12-octadecadienoic acid	2.69	—	—	—	—	2331	99	
	2.68	乙酸乙酯 ethyl acetate	3.15	0.92	3.72	3.74	3.57	715	90	
酯类化合物	6.36	碳酸二乙酯 carbonic acid diethyl ester	0.10	1.69	—	—	—	918	94	
	6.74	乳酸乙酯 ethyl 2-hydroxy propanoate	—	0.22	—	—	—	930	78	S
	17.75	山梨酸乙酯 ethyl 2,4-hexadienoate	—	—	—	0.20	0.25	1253	95	
	18.79	菠萝酸乙酯 ethyl 3-(methylthio)-propanoate	—	0.03	—	—	—	1283	95	
	19.27	辛酸乙酯 ethyl octanoate	—	0.10	—	—	—	1296	83	S
	21.40	苯甲酸乙酯 ethyl benzoate	0.11	0.11	—	—	—	1362	94	S
	24.92	苯乙酸乙酯 ethyl benzeneacetate	—	0.20	—	—	—	1460	87	
	29.50	r-壬内酯 dihydro-5-pentyl-2(3H)-furanone	0.07	0.03	—	—	—	1608	72	
	35.34	对甲苯磺酸乙酯 ethyl 4-methyl-benzenesulfoate	0.04	0.21	—	—	—	1884	97	
	37.30	肉豆蔻酸乙酯 ethyl tetradecanoate	—	0.36	—	—	—	1997	86	
	37.95	棕榈酸甲酯 methyl hexadecanoate	0.15	0.24	0.39	0.31	0.42	2037	96	
	38.96	棕榈酸乙酯 ethyl hexadecanoate	1.09	10.68	2.28	0.38	1.97	2099	98	
	40.51	十七酸乙酯 ethyl heptadecanoate	—	0.24	—	—	—	2199	91	
	41.13	油酸甲酯 methyl (Z)-9-octadecenoate	0.23	0.25	0.90	0.72	0.74	2239	99	
	41.41	亚油酸甲酯 methyl 9,12-octadecadienoate	0.63	0.63	2.36	1.71	2.08	2257	99	
	41.90	亚麻酸甲酯 methyl (Z,Z,Z)-9,12,15-octadecatrienoate	0.41	0.14	0.53	0.40	0.50	2287	98	
	42.11	十八烯酸乙酯 ethyl 9-octadecenoate	1.37	11.10	1.68	1.04	1.60	2301	96	
	42.24	油酸乙酯 ethyl oleate	0.23	0.95	—	—	—	2307	94	S
	42.46	亚油酸乙酯 ethyl 9,12-octadecadienoate	4.00	33.52	5.09	3.21	4.29	2318	99	
	42.99	亚麻酸乙酯 ethyl (Z,Z,Z)-9,12,15-octadecatrienoate	1.58	5.04	1.09	1.16	1.04	2345	99	
	45.34	亚油酸丙酯 propyl 9,12-octadecadienoate	0.14	0.35	—	—	—	>2345	90	
醛类化合物	3.19	异戊醛 3-methyl butanal	22.67	4.15	22.3	33.76	27.64	758	94	
	3.30	2-甲基丁醛 2-methyl-butanal	—	1.85	9.15	15.31	12.10	768	91	
	14.35	苯甲醛 benzaldehyde	0.22	0.12	—	0.26	—	1156	95	S
	17.94	苯乙醛 benzeneacetaldehyde	12.16	7.32	15.62	13.36	15.52	1258	91	S
	27.22	2-苯基-2-丁烯醛 α -ethylidene-benzeneacetaldehyde	0.10	0.12	—	—	—	1528	95	
	31.92	香兰素 vanillin	0.03	—	—	—	—	1711	93	S
	32.16	可卡醛 5-methyl-2-phenyl-2-hexenal	0.57	0.54	—	0.44	0.31	1722	99	
	36.16	16-十八碳烯醛 16-octadecenal	—	0.04	—	—	—	1930	91	
酮类化合物	4.05	2,3-戊二酮 2,3-pentanedione	0.17	0.15	0.51	0.55	0.55	817	83	
	4.22	羟基丙酮 1-hydroxy-2-propanone	0.35	—	0.98	0.62	0.81	825	72	
	12.28	2-环戊烯-1,4-二酮 2-cyclopentene-1,4-dione	0.94	0.28	0.51	0.75	0.91	1098	91	
	28.38	大马士酮 1-(2,6,6-trimethyl-1,3-cyclohexadien-1-yl)-2-buten-1-one	0.04	—	—	—	—	1568	87	
酚类化合物	19.05	愈创木酚 2-methoxy phenol	—	0.17	—	0.32	0.30	1290	91	S
	27.75	4-乙烯基愈创木酚 2-methoxy-4-vinylphenol	4.48	0.50	3.57	1.88	3.16	1546	95	
	31.60	3-烯丙基-6-甲氧基苯酚 3-allyl-6-methoxyphenol	0.06	—	—	—	—	1696	89	
	6.01	吡啶 pyridine	0.09	—	—	—	—	906	91	S
	8.23	2-甲基四氢呋喃-3-酮 dihydro-2-methyl-3(2H)-furanone	0.25	0.08	0.51	0.58	0.51	980	90	
	8.55	甲基吡嗪 methyl pyrazine	0.09	—	—	0.19	—	950	91	S
	9.70	糠醛 furfural	19.77	3.84	16.32	9.07	10.36	1024	95	S
	11.65	2-戊基呋喃 2-pentyl furan	0.13	—	—	—	—	1080	91	S
	12.35	2-乙酰呋喃 1-(2-furanyl)-ethanone	—	0.16	—	0.33	0.28	1100	72	S

续表 1

种类	保留时间/min	化合物名称	相对含量/%					保留指数	匹配度/%	标准品鉴定方式
			天源酱园	王致和	老才臣	金狮	宽牌			
杂环类化合物	13.29	5-甲基糠醇 5-methyl-2-furanmethanol	0.25	—	—	0.67	0.67	1127	93	S
	14.74	5-甲基糠醛 5-methyl-2-furancarboxaldehyde	0.85	0.31	0.51	0.73	0.54	1167	95	S
	16.56	2-糠醛缩二乙醇 2-furaldehyde diethyl acetal	0.06	—	—	—	—	1219	91	
	17.12	2-吡咯甲醛 2-pyrrolecarboxaldehyde	0.07	—	—	—	—	1235	87	
	17.25	四甲基呋喃 tetramethyl furan	0.15	—	—	—	—	1239	72	
	18.94	2-乙酰基吡咯 1-(1H-pyrrol-2-yl)-ethanone	1.30	0.70	1.37	1.30	2.05	1287	95	
	23.96	3-苯基呋喃 3-phenyl-furan	0.07	0.02	—	—	—	1435	91	
	5.33	二甲基二硫 dimethyl disulfide	0.04	0.04	—	—	—	877	96	
含硫类化合物	12.70	3-甲硫基丙醛 3-(methylthio)-propanal	1.47	0.48	1.44	1.78	1.93	1110	96	S
	35.06	苄基甲基硫醚 benzyl methyl sulfide	0.04	—	—	—	—	1869	64	
	5.20	甲苯 toluene	0.08	—	—	0.26	—	871	91	S
	7.94	乙苯 ethyl benzene	—	0.33	—	—	—	970	90	
其他化合物	15.11	1,1,3-三乙氧基丙烷 1,1,3-triethoxy propane	—	0.71	—	—	—	1178	90	
	21.22	1,1,3,3-四乙氧基丙烷 1,1,3,3-tetraethoxy propane	—	0.03	—	—	—	1355	78	
	26.51	辛醛二乙缩醛 1,1-diethoxy octane	—	0.05	—	—	—	1503	64	
	46.59	环十四烷 cyclotetradecane	—	0.17	—	—	—	>2345	80	
	48.94	芥酸酰胺 (Z)-13-docosenamide	—	—	8.56	—	—	>2345	91	

注：“—”表示未检出；“S”表示标准品鉴定。

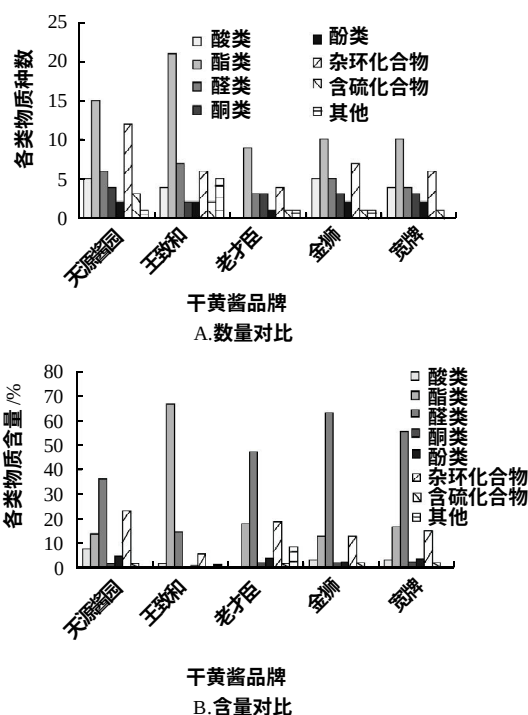


图 2 2 种品牌干黄酱挥发性成分对比

Fig.2 Comparison of volatiles in five dry yellow soybean sauces

2.1 检出成分的化学种类和数量对比

由表 1 可知,本实验从 5 种品牌干黄酱中共鉴定出 69 种化合物,其中天源酱园 48 种、王致和 49 种、老才臣 22 种、金狮牌 34 种、宽牌 30 种,鉴定出的组分占各自总挥发性成分的比例分别为 87.72%、90.55%、99.39%、98.05%、96.92。主要包括酸类 9 种、酯类

22 种、醛类 8 种、酮类 4 种、酚类 3 种、杂环化合物 13 种、含硫化合物 3 种和其他类 7 种;其中相同成分 19 种,分别是乙酸乙酯、棕榈酸甲酯、棕榈酸乙酯、油酸甲酯、亚油酸甲酯、亚麻酸甲酯、十八烯酸乙酯、亚油酸乙酯、亚麻酸乙酯、异戊醛、苯乙醛、2,3-戊二酮、2-环戊烯-1,4-二酮、4-乙烯基愈创木酚、2-甲基四氢呋喃-3-酮、糠醛、5-甲基糠醛、3-甲硫基丙醛、2-乙酰基吡咯。

从图 2 可知,在数量方面,各品牌干黄酱中各种化合物的数量多少趋势相似,酯类化合物是干黄酱中数量占绝对优势的组分,数量都在 9 种以上(其中王致和和酯类物质高达 21 种),其次是杂环类化合物,数量范围为 4~12 种,其他种类化合物数量都较少,在 5 种以下。不同的是,王致和和醛类物质数量多于杂环化合物,老才臣中没有鉴定出酸类和烃类化合物,而比其他品牌多出了 1 种酰胺类化合物。在含量方面,各品牌干黄酱中各类物质的含量高低趋势也相似,在天源酱园、老才臣、金狮和宽牌 4 个品牌中含量最高的成分是醛类化合物,含量都在 30% 以上(其中金狮牌中高达 63.13%),其次是杂环化合物(12.87%~23.08%)和酯类化合物(12.87%~18.04%),其余的化合物含量大都在 5% 以下,其中仅在老才臣中检测出的芥酸酰胺(8.56%);而在王致和干黄酱中检出的酯类化合物含量(67.01%)远高于醛类化合物(14.19%),杂环化合物含量仅占 5.11%,其余物质含量都在 2% 以下。化合物在数量和含量方面的相似趋势,使得 5 种干黄酱具有相同的酱香基调,而在数量和含量上的具体差异则形成了 5 种干黄酱不同的香气风格。

2.2 检出成分的来源和香气特征对比

酸类化合物在发酵食品中一般是由乳酸菌产生的, 它们的适当增加可抑制病原菌和刺激酵母发酵^[10], 对发酵食品的风味和品质具有重要的作用。本实验检出的酸类物质可分两类, 一类是低级脂肪酸, 含量较多且从3种品牌中共同检测到的有2-甲基丙酸(奶香、甜香和果香)、异戊酸(干酪香、奶香和果香)和2-甲基丁酸(酸奶香气和果香), 这类酸可提高干黄酱香气的格调, 使酱香透发飘逸; 另一类是高级脂肪酸, 这类酸仅在天源酱园品牌中检测出, 如十四酸(巧克力、可可和复合果香)、十六酸和亚油酸, 它们对干黄酱的香气具有一定的定香作用。另外, 山梨酸在金狮牌和宽牌干黄酱中分析出来, 可能是由于生产中加入了防腐剂的缘故。

酯类化合物是干黄酱香气的主体成分, 可能的形成途径有两条, 一是在发酵过程中由酵母催化生成; 二是由有机酸和醇通过非酶催化的酯化反应生成^[11]。5种品牌干黄酱中共有且相对含量大于1%的酯类物质除乙酸乙酯(菠萝、葡萄果香和酒香)外, 大都是高级脂肪酸酯类, 如棕榈酸乙酯(果香和牛奶香气)、亚油酸甲酯、十八烯酸乙酯、亚油酸乙酯和亚麻酸乙酯等; 另外, 还有具有果香和奶香的内酯类(如 γ -壬内酯)和少量具有花果香气和奶香的低级脂肪酸酯类(辛酸乙酯和乳酸乙酯), 它们都对干黄酱的整体香气起了一定的协调作用。

醛类化合物在干黄酱中的含量较高, 且该类物质阈值较低^[10], 对干黄酱的整体风味贡献较大。这些醛类有可能是由干黄酱中的醇类物质经加热或者是化学反应生成的。本实验共鉴定出9种醛类化合物, 其中含量较高且多数品牌中共有异戊醛(稀释后具有愉快的水果香气)、2-甲基丁醛(果香、霉香和青香)、苯甲醛(苦杏仁、樱桃及坚果香气)、苯乙醛(风信子香气)和可卡醛(咖啡、可可和果香香气)。这类化合物赋予了干黄酱青香、果香和坚果香气。

酮类化合物是一类重要的香料化合物, 一般认为是由干黄酱中不饱和脂肪酸的碳链的 β -氧化和随后的脱羧基作用生成的^[12], 本实验共鉴定出4种酮类化合物, 其中3种从多数干黄酱中都分析出来, 它们是2,3-戊二酮(奶油和焦糖香气)、羟基丙酮和2-环戊烯-1,4-二酮, 而大马士酮(水果香气)仅从天源酱园中分析出来。这类香料化合物对干黄酱的香气起到了柔和作用。

酚类化合物是由小麦中的配糖体、木质素等为前体物经微生物发酵作用生成^[4]。5种干黄酱中共鉴定出3种物质, 它们是愈创木酚(甜香和微弱的酚气息)、4-乙烯基愈创木酚(焙烤和坚果香气)和3-烯丙基-6-甲氧基苯酚, 这类物质赋予了干黄酱熏烤和坚果香气。

杂环类化合物主要是由干黄酱发酵过程中的蛋白质或氨基酸的 Stretcher 反应、糖与蛋白质或氨基酸的

Maillard 反应形成的^[13], 它们是构成干黄酱焙烤香味的主体成分。从表2可以看出, 糠醛是干黄酱中含量最多的杂环化合物, 它具有甜香、木香、面包香、焦糖香, 并带有烘烤食品的气味^[14]。除了糠醛之外, 还有2-乙酰基吡咯(核桃和烤面包的香气)、5-甲基糠醛(甜香和辛香)、2-甲基四氢呋喃-3-酮(甜香、坚果香、奶油香)三类物质共存于五种干黄酱中, 对干黄酱的特征香气起到了重要作用。

含硫化合物主要是由干黄酱发酵过程中的硫胺素降解或者是含硫氨基酸的分解而形成的^[15]。这类香料化合物一般阈值较低, 对食品的特征风味影响很大。本实验仅鉴定出苄基甲基硫醚、3-甲硫基丙醛(具有醇厚的酱香、洋葱香和红烧肉香)和二甲基二硫(具有洋葱、甘蓝和蔬菜香气)三种组分, 这些香料化合物对干黄酱的酱香具有一定的作用。

综上所述, 5种干黄酱中的挥发性风味成分既有相同, 也有差异, 直观的反映出这5个品牌风味同中存异的特点, 风味相同的原因有可能是这五种干黄酱的生产原料相同, 存在差异的原因可能与各厂家所用的发酵菌种和微生物发酵过程中释放的复杂酶系有关^[16]。微生物发酵产物是香气成分的主要来源, 所以控制和优化发酵工艺对干黄酱的香气品质有着重要意义。

3 结 论

3.1 本实验采用同时蒸馏萃取和气质联用对5种品牌干黄酱中挥发性风味成分进行提取与分析, 共鉴定出69种物质, 主要是酸类(9种)、酯类(22种)、醛类(8种)、酮类(4种)、酚类(3种)、杂环化合物(13种)、含硫化合物(3种)和其他化合物(7种)等, 其中相同的成分是乙酸乙酯、棕榈酸甲酯、棕榈酸乙酯、油酸甲酯、亚油酸甲酯、亚麻酸甲酯、十八烯酸乙酯、亚油酸乙酯、亚麻酸乙酯、异戊醛、苯乙醛、2,3-戊二酮、2-环戊烯-1,4-二酮、4-乙烯基愈创木酚、2-甲基四氢呋喃-3-酮、糠醛、5-甲基糠醛、3-甲硫基丙醛、2-乙酰基吡咯。

3.2 鉴定出的香料化合物的香气特征可知, 鉴定出的各类物质中, 酯类化合物构成了干黄酱的主体香气, 醛类赋予了干黄酱青香和果香香气, 杂环化合物对干黄酱的特征香气起到了重要作用, 酮类和酸类可提高和柔和干黄酱的香气, 酚类提供了干黄酱酱熏烤和坚果香气, 而含硫化合物可突出酱香, 这些化合物共同作用才构成了干黄酱独特的香气。

参考文献:

- [1] 黄持都, 鲁维, 张建. 豆酱研究进展[J]. 中国酿造, 2010(6): 4-6.

- [2] 田红玉, 孙宝国, 张慧丽. 香成分分析中的样品制备技术[J]. 北京工商大学学报: 自然科学版, 2006, 24(5): 1-5.
- [3] CHAINTREAU A. Simultaneous distillation-extraction: from birth to maturity: review[J]. Flavour and Fragrance Journal, 2001, 16(2):136-148.
- [4] 乔鑫, 付雯, 乔宇, 等. 豆酱挥发性风味物质的分析[J]. 食品科学, 2011, 32(2): 222-226.
- [5] LEE S J. Headspace-solid phase microextraction (HS-SPME) analysis of Korean fermented soybean pastes[J]. Food science and Biotechnology, 2009, 18(3): 700-705.
- [6] 乔鑫, 黄红霞, 乔宇, 等. 响应面分析法优化 HS-SPME 萃取黄豆酱挥发性成分工艺研究[J]. 食品科学, 2010, 31(22): 69-74.
- [7] 黄明泉, 韩书斌, 孙宝国, 等. 同时蒸馏萃取 / 气质联机分析郫县豆瓣酱风味成分的研究[J]. 食品工业科技, 2009(4): 136-139.
- [8] 黄明泉, 韩书斌, 孙宝国, 等. 固相微萃取 / 气质联机分析郫县豆瓣酱挥发性香成分的研究[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(4): 147-152.
- [9] 石华治, 刘玉平, 孙宝国, 等. 同时蒸馏萃取 / GC-MS 分析干黄酱的挥发性成分[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(7): 95-97.
- [10] 赵建新, 戴小军, 田丰伟, 等. 气相 - 嗅闻法分析传统豆酱风味活性物质[J]. 食品科学, 2009, 30(20): 394-397.
- [11] 赵建新, 顾小红, 刘杨岷, 等. 传统豆酱挥发性风味化合物的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 684-687.
- [12] 孙玉亮, 王颖. HS-SPME/GC-MS 分析发酵前后扇贝豆酱中的香气成分[J]. 中国酿造, 2010(11): 156-159.
- [13] 徐琳娜, 王璋, 许时婴. 固相微萃取技术在豆瓣风味物质分析中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(5): 113-116.
- [14] 苗志伟, 刘玉平, 李建华, 等. 酸枣粉中挥发性香气成分的提取与分析[J]. 精细化工, 2010, 27(11): 1086-1093.
- [15] 孙宝国. 含硫香料化学[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 1-13.
- [16] 金华勇, 曾灿伟, 康旭. 顶空固相微萃取 - 气 / 质联用技术分析传统甜面酱中挥发性风味成分[J]. 中国酿造, 2009(5): 152-154.