

顶空固相微萃取 - 气质联用技术分析 发酵辣椒的挥发性成分

刘嘉^{1,2}, 陈杰^{1,2}, 孙文彬^{1,2}, 蒋立文^{1,3,*}

(1. 湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 2. 食品科学与生物技术湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410128; 3. 湖南省发酵食品工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128)

摘要: 为分析发酵辣椒原料和成品中挥发性成分的差别, 采用固相微萃取法(solid phase microextraction, SPME)提取发酵辣椒中的挥发性成分, 另采用气相色谱-质谱法(gas chromatograph-mass spectrometer, GC-MS)对其成品与原料的化学成分进行鉴定。结果显示: 发酵辣椒成品中共鉴定出 45 种挥发性有机成分, 发酵辣椒原料中共鉴定出 43 种挥发性有机成分, 成品中酯类物质含量增加, 醇类物质含量减少。

关键词: 发酵辣椒; 挥发性成分; 固相微萃取; 气相色谱-质谱联用(GC-MS)

Analysis of Volatile Components in Fermented Chili Pepper by HS-SPME-GC-MS

LIU Jia^{1,2}, CHEN Jie^{1,2}, SUN Wen-bin^{1,2}, JIANG Li-wen^{1,3,*}

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Hunan Province Key Laboratory of Food Science and Biotechnology, Changsha 410128, China; 3. Hunan Provincial Engineering and Technology Research Centre for Fermented Food, Changsha 410128, China)

Abstract: The volatile composition of fermented chili pepper was analyzed by solid-phase micro-extraction (SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and compared with that of native chili pepper. A total of 45 and 43 volatile compounds were identified in fermented and native chili peppers, respectively. Fermented chili pepper exhibited an increase in ester content and a decrease in alcohol content when compared with native one.

Key words: fermented *Capsicum annuum*; volatile components; solid-phase microextraction; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

中图分类号: S641.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)24-0256-05

辣椒(*Capsicum annuum* L. syn. *C. frutescens*)属茄科, 为一年或多年生草本植物, 有的地区叫海椒。辣椒中含有丰富的 VC, 含量在蔬菜中居第一位。辣椒还具有开胃消食、暖胃驱寒、促进血液循环等作用。辣椒中不仅含有丰富的 VC, 还含有 VA、B 族维生素、VE、VK、胡萝卜素、叶酸等。

发酵辣椒是指以新鲜辣椒为原料, 将其洗干净, 去蒂, 沥干表面水分, 剁碎, 装坛制成。目前发酵辣椒主要有两种加工工艺^[1]: 一是原味发酵辣椒, 另一种是调味发酵辣椒。本实验所采用的发酵辣椒的原料即为原味发酵辣椒, 发酵辣椒成品即为调味发酵辣椒, 两者的区别在于后者要用高盐腌制待发酵成熟后, 经过脱

盐及调味后, 再进行灌装等工序。

发酵辣椒在自然发酵过程中, 会产生许多与原料不同的香气成分。如今, 食品香气成分分析的预处理技术^[2-3]主要有溶剂提取、蒸汽蒸馏、静态顶空或动态顶空取样、超临界萃取、固相萃取及固相微萃取。如今固相微萃取的预处理方法在农药^[4-5]、食品^[6-9]行业得到较多的应用^[10-13], 但对发酵辣椒的原料和成品之间香气成分的比较还未见报道。固相微萃取有着比传统预处理方法^[10]过程简单、花费时间短、不用任何萃取溶剂的优点。本实验采用顶空固相微萃取(solid phase microextraction, SPME)的预处理方法, 结合气相色谱-质谱联用仪(gas chromatography and mass spectrometry,

收稿日期: 2011-08-23

作者简介: 刘嘉(1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品生物技术。E-mail: kuailebuzai@126.com

* 通信作者: 蒋立文(1968—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品生物技术。E-mail: jlw_2002cn@yahoo.com.cn

GC-MS), 对发酵辣椒的原料与成品之间的香气成分进行比较, 以期对发酵辣椒在发酵过程中产生的特殊香气成分的分析提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 样品及其预处理

样品(总酸含量为 0.34% 的发酵辣椒原料和总酸含量为 0.20% 的发酵辣椒成品) 长沙坛坛香调料食品有限公司。

样品预处理: 萃取头的老化: SPME 萃取头在 270°C 条件下老化 30min; 固相微萃取: 取大约 200g 的发酵辣椒, 用打浆机打成匀浆, 取 3g 打成匀浆的样品, 置于 15mL 顶空瓶中, 于磁力搅拌器上 70°C 加热平衡后, 插入已老化好的萃取头推出萃取头, 吸附 40min, 通过 GC 进行解析, 解析时间 5min。

1.1.2 仪器与设备

固相微萃取装置(包括手柄、导向杆)SPME 进样器上海安谱科学仪器有限公司; GCMS-QP2010 气相色谱-质谱联用仪 日本岛津公司; GL-3250 磁力搅拌器 海门市其林贝尔仪器制造有限公司。

1.2 方法

1.2.1 仪器分析条件

气相色谱条件: 柱型: DB-5ms 毛细管柱(30.0m × 0.25mm, 0.25 μm); 柱温: 程序升温, 初温 40°C 保持 3min, 然后以 5°C/min 升至 150°C, 接着以 10°C/min 升至 250°C, 保持 10min, 再以 20°C/min 升至 270°C, 保持 1min; 进样口温度 250°C, 采用不分流, 载气 He, 流量为 1.0mL/min。

质谱条件: 离子源温度 200°C, 电离方式 EI, 电子能量 70eV, 灯丝电流 150 μA, 扫描质量范围 33~500u。

1.2.2 定性及定量方法

定性: 利用随机 Nist 2002 标准谱库检索分析, 参考文献资料对机检结果进行核对和确认; 定量: 采用峰面积归一化法求各成分的相对含量。采用计算机谱库(Nist 2002)检索分析,

2 结果与分析

2.1 发酵辣椒成品的挥发性成分

由表 1 可知, 产品所得挥发性物质中含有机物总共为 45 种, 其中: 醇类化合物 5 种, 总含量为 2.339%; 酸类化合物 2 种, 总含量为 1.880%; 胺类化合物 1 种, 含量为 0.340%; 酯类化合物 10 种, 总含量为 60.63%,

在酯类物质中, 己酸乙酯的相对含量有 51.062%, 通过总离子流也可以看出, 在 10min 左右, 所出峰的面积最大; 醚类化合物 1 种, 含量为 0.395%; 烷类化合物 7 种, 总含量为 3.354%; 烯类化合物 9 种, 总含量为 1.921%; 硫化物 3 种, 总含量为 17.349%; 吡嗪类 1 种, 含量为 0.067%; 甘菊环 1 种, 含量为 0.085%; 醛类 1 种, 含量为 0.127%; 茚类 1 种, 含量为 0.166%; 萘类 1 种, 含量为 0.057%。

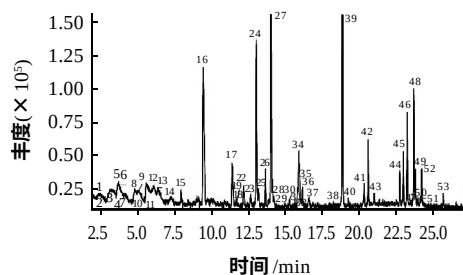


图 1 发酵辣椒成品挥发成分的总离子流图

Fig.1 Total ion current chromatogram of volatile components in fermented chili pepper

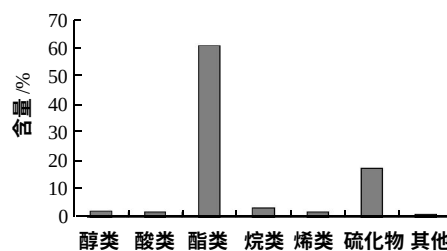


图 2 发酵辣椒成品中挥发性成分分布

Fig.2 Contents of 7 groups of volatile compounds in fermented chili pepper

由图 2 可知, 发酵辣椒成品中挥发性有机成分含量最高的是酯类: 己酸乙酯(51.062%), 其次分别为二烯丙基二硫(16.717%)、乙醇(7.558%)、3-甲基-4-羧基戊酸(3.701%)、戊酸乙酯(4.748%)、1,3-二噻烷(2.696%)、庚酸乙酯(2.168%)等。己酸乙酯天然存在于菠萝、草莓等水果中, 可用于曲酒调香。二烯丙基二硫又叫大蒜素, 可用作食品和医学方面, 对于食品行业, 可作为食品添加剂对食品进行调味、调香, 在医学方面, 二烯丙基二硫可抑制癌细胞^[11-12]的生成, 具有抗肿瘤的作用。上述柱状图与图 4 比较发现, 醇类含量减少, 酯类含量增加, 应该是在调味时加入了酒精, 使醇类转化成了酯类。

2.2 发酵辣椒原料的挥发性成分

由表 2 可知, 发酵辣椒原料中挥发性有机物共 43 种, 其中: 醇类化合物 9 种, 总含量为 33.757%; 酯类化合物 4 种, 总含量为 5.152%; 烷类化合物 6 种,

表 1 发酵辣椒成品中挥发性有机成分
Table 1 Volatile components in fermented chili pepper

序号	保留时间/min	化合物名称	化学式	相对含量/%
1	1.900	乙醇 ethanol	C ₂ H ₆ O	7.558
2	2.325	3-甲基-4-羧基戊酸 3-methyl-4-oxo-pentanoic acid	C ₆ H ₁₀ O ₃	3.701
3	3.183	2-氟乙酰胺 2-fluoro-acetamide	C ₂ H ₄ FNO	0.340
4	3.725	异戊醇 isopentyl alcohol	C ₅ H ₁₂ O	1.686
5	4.750	丁酸乙酯 butanoic acid, ethyl ester	C ₆ H ₁₂ O ₂	1.477
6	4.875	异丁酸乙酯 ethyl isobutyrate	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.145
7	4.967	四甘醇 tetraethylene glycol	C ₈ H ₁₈ O ₅	1.943
8	6.117	烯丙基硫醚 allyl sulfide	C ₆ H ₁₀ S	0.395
9	6.342	正己醇 hexyl alcohol	C ₆ H ₁₄ O	0.391
10	7.133	戊酸乙酯 ethyl ester pentanoic acid	C ₇ H ₁₄ O ₂	4.748
11	7.583	1,3-二噻烷 1,3-dithiane	C ₄ H ₆ S ₂	2.696
12	8.208	2-甲基-丙烯二硫 disulfide, methyl 2-propenyl	C ₄ H ₆ S ₂	0.351
13	9.667	己酸 hexanoic acid	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.059
14	10.067	己酸乙酯 ethyl ester hexanoic acid	C ₈ H ₁₆ O ₂	51.062
15	10.908	D-柠檬烯 D-limonene	C ₁₀ H ₁₆	0.072
16	11.050	β-反式-罗勒烯 beta-trans-ocimene	C ₁₀ H ₁₆	0.053
17	11.383	β-罗勒烯 beta-ocimene	C ₁₀ H ₁₆	0.718
18	11.675	甲基丙烯酸己酯 hexyl methacrylate	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	0.138
19	12.158	α-甲基-α-[4-甲基-3-戊烯基]环氧乙烷甲醇 alpha-methyl-alpha-[4-methyl-3-pentenyl] xiranemethanol	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	0.115
20	12.475	二烯丙基二硫 diallyl disulphide	C ₆ H ₁₀ S ₂	11.288
21	12.592	1-甲基-4(1-甲基亚乙基-环己烷)1-methyl-4-(1-methylethylidene)-cyclohexene	C ₁₀ H ₁₆	0.080
22	12.917	庚酸乙酯 ethyl ester heptanoic acid	C ₉ H ₁₈ O ₂	2.168
23	13.039	二烯丙基二硫 diallyl disulphide	C ₆ H ₁₀ S ₂	5.429
24	13.850	2,6-二甲基-(E,Z)-2,4,6-辛三烯 2,6-dimethyl-(E,Z)-2,4,6-octatriene	C ₁₀ H ₁₆	0.074
25	14.208	1-甲基-丙烯二硫 disulfide, methyl 1-propenyl	C ₄ H ₆ S ₂	0.281
26	15.250	2-甲氧基-3-(2-甲基丙基)-吡嗪 2-methoxy-3-(2-methylpropyl)-pyrazine	C ₉ H ₁₄ N ₂ O	0.067
27	15.608	甘菊环 azulene	C ₁₀ H ₈	0.085
28	15.700	己酸丁酯 butyl ester hexanoic acid	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	0.008
29	15.867	环己基丙酸乙酯 ethyl cyclohexanepropionate	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	0.626
30	15.933	2-甲基丁酸己酯 2-methyl-butanoic acid, hexyl ester	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	0.160
31	16.133	戊酸己酯 pentanoic acid, hexyl ester	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	0.098
32	16.542	α,4-二甲基-3-环己烯-1-乙醛 alpha,4-dimethyl-3-cyclohexene-1-acetaldehyde	C ₁₀ H ₁₆ O	0.070
33	16.593	α,4-二甲基-3-环己烯-1-乙醛 alpha,4-dimethyl-3-cyclohexene-1-acetaldehyde	C ₁₀ H ₁₆ O	0.057
34	20.283	α-长叶烯 alpha-longipinene	C ₁₅ H ₂₄	0.093
35	20.558	2-甲基-十三烷 2-methyl-tridecane	C ₁₄ H ₃₀	0.262
36	20.950	(+)-环异萨替文烯 (+)-cycloisotatene	C ₁₅ H ₂₄	0.117
37	21.292	1-乙烯基-1-甲基-2,4-二(1-甲基乙基)-环己烷 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethyl)-cyclohexane	C ₁₅ H ₂₄	0.075
38	22.692	(3-甲基丁基)-环戊烷 (3-methylbutyl)-cyclopentane	C ₁₀ H ₂₀	0.123
39	22.933	2,4a,5,6,7,8,9a-八氢-3,5,5-三甲基-9-亚甲基-1H-苯并环庚三烯 2,4a,5,6,7,8,9a-octahydro-3,5,5-trimethyl-9-methylene-1H-benzocycloheptene	C ₁₅ H ₂₄	0.186
40	23.650	顺-(-)-2,4a,5,6,9a-六氢-3,5,5,9-四甲基(1H)苯并环庚三烯 cis-(-)-2,4a,5,6,9a-hexahydro-3,5,5,9-tetramethyl(1H)benzocycloheptene	C ₁₅ H ₂₄	0.499
41	23.742	[1S-(1.α,3a.β,4.α,7.α,7a.β)]-八氢-4-甲基-8-亚甲基-7-(1-甲基乙基)- 1,4-亚甲基-1H-茚 [1S-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,7.alpha.,7a.beta.)]- octahydro-4-methyl-8-methylene-7-(1-methylethyl)-1,4-methano-1H-indene	C ₁₅ H ₂₄	0.166
42	23.925	[1S-(1.α,7.α,8a.α)]-1,8a-二甲基-7-(1-甲基乙基)-1,2,3,5,6,7,8,8a-八氢-萘 [1S-(1.alpha.,7.alpha.,8a.alpha.)]-1,8a-dimethyl-7-(1-methylethyl)-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	0.057
43	24.067	1-氯-十八烷 1-chloro-octadecane	C ₁₈ H ₃₇ Cl	0.059
44	24.175	(R)-2,4a,5,6,7,8-六氢-3,5,5,9-四甲基-1H-苯并环庚三烯 (R)-2,4a,5,6,7,8-hexahydro-3,5,5,9-tetramethyl-1H-benzocycloheptene	C ₁₅ H ₂₄	0.109
45	25.633	2-甲基-十五烷 2-methyl-pentadecane	C ₁₆ H ₃₄	0.059

表2 发酵辣椒原料中的挥发性有机成分
Table 2 Volatile components in native chili pepper

序号	保留时间/min	化合物名称	化学式	相对含量/%
1	1.975	三甲基环氧乙烷 trimethyl-oxirane	C ₅ H ₁₀ O	3.330
2	2.350	1,3- 丁二醇 1,3-butanediol	C ₄ H ₁₀ O ₂	3.285
3	3.117	双(1,1- 二甲基乙基)- 二氮烯 bis(1,1-dimethylethyl)-diazene	C ₈ H ₁₈ N ₂	6.188
4	3.592	1-(1-羟乙基),1-(羟甲基)环丙烷 1-(1-hydroxyethyl),1-(hydroxymethyl)cyclopropane	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.323
5	3.692	三甲基-1,5戊二醇 3-methyl-1,5-pentanediol	C ₆ H ₁₄ O ₂	1.811
6	3.750	N-(2-乙酰基环戊基)环己胺 N-(2-acetylcyclopentylidene)cyclohexylamine	C ₁₃ H ₂₁ NO	2.161
7	4.175	3- 甲基-1- 己醇 3-methyl-1-hexanol	C ₇ H ₁₆ O	1.902
8	4.800	己醛 hexanal	C ₆ H ₁₂ O	1.670
9	5.425	7- 羟基-7,8,9,10- 四甲基-7,8- 二氢环庚并吡喃[d,e]萘 7-hydroxy-7,8,9,10-tetramethyl-7,8-dihydrocyclohepta[d,e]naphthalene	C ₁₈ H ₂₀ O	0.145
10	5.575	4- 甲基-1- 戊醇 4-methyl-1-pentanol	C ₆ H ₁₄ O	5.600
11	6.100	2- 甲基- 丁酸 2-methyl-butanoic acid	C ₅ H ₁₀ O ₂	5.459
12	6.392	1- 己醇 1-hexanol	C ₆ H ₁₄ O	4.444
13	7.283	甲基十五烷基乙醚 methyl pentadecyl ether	C ₁₆ H ₃₄ O	2.311
14	11.383	(Z)- 3,7- 二甲基-1,3,6- 辛三烯(Z)-3,7-dimethyl-1,3,6-octatriene	C ₁₀ H ₁₆	4.363
15	11.650	N-(3-氨基丙基)-1,4- 丁二胺 N-(3-aminopropyl)-1,4-butanediamine	C ₇ H ₁₉ N ₃	0.840
16	11.700	N-(2-氨基苯甲酰)-N'-(4-甲基喹啉-2-基)- 胍 N-(2-aminobenzoyl)-N'-(4-methylquinazolin-2-yl)-guanidine	C ₁₇ H ₁₆ N ₆ O	0.304
17	11.783	N- 甲基-N-[4-[4-[2- 羟乙基]-1- 哌啶基]-2- 丁炔基]- 乙酰胺 N-methyl-N-[4-[4-[2-hydroxyethyl]-1-piperidyl]-2-butynyl]-acetamide	C ₁₄ H ₂₄ N ₂ O ₂	0.309
18	12.058	2-[2-(5,6- 二甲基-1H- 苯并咪唑-2-基)噻]-N- 甲基乙酰胺基苯甲酸 2-[2-(5,6-dimethyl-1H-benzimidazol-2-ylthio)-N-methylacetamido]benzoic acid	C ₁₉ H ₁₉ N ₃ O ₃ S	0.377
19	12.142	反- α , α ,5- 三甲基-5- 四氢化乙酰基-2- 呋喃甲醇 <i>trans</i> - α , α ,5-trimethyl-5-ethenyltetrahydro-2-furanmethanol	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	2.356
20	12.617	顺- α , α ,5- 三甲基-5- 四氢化乙酰基-2- 呋喃甲醇 <i>cis</i> - α , α ,5-trimethyl-5-ethenyltetrahydro-2-furanmethanol	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	1.463
21	13.008	β - 芳樟醇 <i>beta</i> .-linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	13.368
22	13.150	壬醛 nonanal	C ₉ H ₁₈ O	1.273
23	14.225	5-甲基-3-(1-甲基亚乙基)-1,4- 己二烯 5-methyl-3-(1-methylethylidene)-1,4-hexadiene	C ₁₀ H ₁₆	0.661
24	15.242	2- 甲氧基-3-(2- 甲基丙基)- 吡嗪 2-methoxy-3-(2-methylpropyl)-pyrazine	C ₉ H ₁₄ N ₂ O	0.846
25	15.583	N- 乙基-N-(4- 羟丁基)亚硝胺 N-ethyl-N-butan-4-ol-nitrosamine	C ₆ H ₁₄ N ₂ O ₂	0.397
26	15.800	水杨酸甲酯 methyl salicylate	C ₈ H ₈ O ₃	1.172
27	15.892	α , α ,4- 三甲基-3- 环己烯-1- 甲醇 α , α ,4-trimethyl-3-cyclohexene-1-methanol	C ₁₀ H ₁₈ O	4.624
28	15.933	2- 甲基丁酸己酯 2-methyl-butanoic acid hexyl ester	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	2.103
29	16.133	戊酸己酯 pentanoic acid hexyl ester	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	1.469
30	16.600	α ,4- 二甲基-3- 环己烯-1- 乙醛 α ,4-dimethyl-3-cyclohexene-1-acetaldehyde	C ₁₀ H ₁₆ O	1.168
31	19.200	己酸己酯 hexanoic acid hexyl ester	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0.408
32	20.292	α - 长叶烯 α .-longipinene	C ₁₅ H ₂₄	1.163
33	20.558	2- 甲基- 十三烷 2-methyl-tridecane	C ₁₄ H ₃₀	3.619
34	20.958	(+)- 环异萨替文烯 (+)-cycloisotativene	C ₁₅ H ₂₄	0.577
35	22.692	(3- 甲基丁基)- 环戊烷 (3-methylbutyl)-cyclopentane	C ₁₀ H ₂₀	1.725
36	22.933	2,4a,5,6,7,8,9,9a- 八氢-3,5,5- 三甲基-9- 亚甲基-1H- 苯并环庚三烯 2,4a,5,6,7,8,9,9a-octahydro-3,5,5-trimethyl-9-methylene-1H-benzocycloheptene	C ₁₅ H ₂₄	3.196
37	23.558	2,2,3,3- 四氟-3- 三氟-N-(2- 苯并噻唑)- 丙酰胺 2,2,3,3-tetrafluoro-3-trifluoromethoxy-N-(2-benzothiazolyl)-propanamide	C ₁₁ H ₅ F ₇ N ₂ O ₂ S	0.428
38	23.650	长叶烯-(V4) longifolene-(V4)	C ₁₅ H ₂₄	6.699
39	23.750	[1S-(1. α ,3a. β ,4. α ,7. α ,7a. β)]- 八氢-4- 甲基-8- 亚甲基-7-(1- 甲基乙基)-1,4- 亚甲基-1H- 茚 [1S-(1. α ,3a. β ,4. α ,7. α ,7a. β)]-octahydro-4-methyl-8-methylene-7-(1-methylethyl)-1,4-methano-1H-indene	C ₁₅ H ₂₄	2.433
40	23.925	2- 甲基-5-(1- 甲基乙烯基)-8 甲基双环[5.3.0]癸烷 2-methylene-5-(1-methylvinyl)-8-methyl-bicyclo[5.3.0]decane	C ₁₅ H ₂₄	0.481
41	24.067	1-butoxy-2,7-octadiene 1- 丁氧基-2,7- 辛二烯	C ₁₂ H ₂₂ O	0.596
42	24.175	α - 长叶烯 α .-longipinene	C ₁₅ H ₂₄	2.191
43	25.625	2- 甲基- 十五烷 2-methyl-pentadecane	C ₁₆ H ₃₄	0.740

总含量为 10.218%；烯类化合物 8 种，总含量为 25.634%；胺类化合物 5 种，总含量为 4.135%；醛类化合物 3 种，总含量为 4.111%；萘类 1 种，含量为 0.145%；酸类化合物 2 种，总含量为 5.836%；胍类 1 种，含量为 0.304%；吡嗪类 1 种，含量为 0.846%；茚类 1 种，含量为 2.433%。

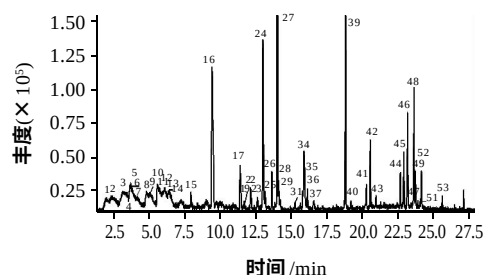


图 3 发酵辣椒原料挥发性成分的总离子流图

Fig.3 Total ion current chromatogram of volatile components in native chili pepper

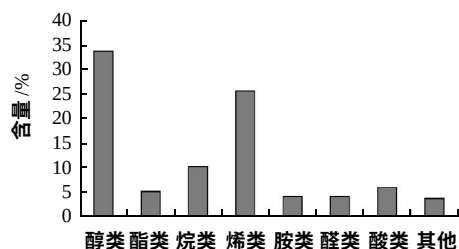


图 4 发酵辣椒原料中挥发性成分分布

Fig.4 Contents of 8 groups of volatile compounds in native chili pepper

由图 4 可知，发酵辣椒原料挥发性有机成分含量最高的是醇类， β -芳樟醇(13.368%)，其次分别为长叶烯-(V4)(6.699%)、双(1,1-二甲基乙基)-二氮烯(6.188%)、4-甲基-1-戊醇(5.600%)、2-甲基-丁酸(5.459%)、 $\alpha,\alpha,4$ -三甲基-3-环己烯-1-甲醇(4.624%)、1-己醇(4.444%)等。芳香醇又叫沉香醇、里哪醇，具有优美而愉快的花香香气^[13]，可用于合成各种芳樟酯类香料如甲酸酯、乙酸酯、丙酸酯、丁酸酯、异丁酸酯、己酸酯、辛酸

酯、苯甲酸酯、邻氨基苯甲酸酯、肉桂酸酯、水杨酸酯、苯基丙烯酸酯等和 VA、VD、VE、VK、 β -胡萝卜素、角鲨烯以及一些重要的药物(如抗癌药物西松内酯等)^[14]。长叶烯可作为基础物，合成一些名贵的香料。

3 结 论

本实验采用固相微萃取技术，对发酵辣椒的成品及原料的挥发性成分进行了分析。通过比较可以发现，在成品与原料中具有有一些如戊酸己酯、2-甲基-十五烷、 α -长叶烯等共同的风味物质。由于在调味过程中加入了大蒜，使得成品中含量最高的风味物质是大蒜素。调味前后风味物质具有明显的差异性。

参考文献：

- [1] 蒋立文, 李宗军, 谭周进, 等. 剥辣椒的生产现状及技术进展[J]. 中国酿造, 2006(2): 6-8.
- [2] 谢建春, 孙宝国, 刘玉平, 等. 固相微萃取在食品香味分析中的应用[J]. 食品科学, 2003, 24(8): 229-233.
- [3] 江勇. 固相微萃取在食品快速分析中的应用[D]. 南昌: 南昌大学, 2010.
- [4] 廖华勇, 徐碧珠. 固相微萃取在农药残留分析中的应用[J]. 中国卫生检验杂志, 2002, 12(1): 122-127.
- [5] 杨广, 刘新, 鄧铮, 等. 4 种拟除虫菊酯农药的 GC-MS 和 GC-MS/MS 检测[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2003, 32(4): 447-452.
- [6] 李祖光, 高云芳, 刘文涵. 黑胡椒风味成分的研究[J]. 食品科学, 2003, 24(10): 128-131.
- [7] 沈海月, 范文来, 徐岩, 等. 应用顶空固相微萃取分析四种红葡萄酒挥发性成分[J]. 酿酒, 2008, 35(2): 71-74.
- [8] 崔丽静, 林家永, 周显青, 等. 顶空固相微萃取与气-质联用法分析玉米挥发性成分[J]. 粮食储藏, 2011, 40(1): 36-40.
- [9] LEE S J, AHN L B. Comparison of volatile components in fermented soybean pastes using simultaneous distillation and extraction (SDE) with sensory characterisation[J]. Food Chemistry, 2009, 114(2): 600-609.
- [10] 张祖麟, 陈伟琪, 洪华生. 固相微萃取法的应用及其进展[J]. 环境科学进展, 1999, 7(5): 52-59.
- [11] 廖前进, 苏坚, 周钰娟, 等. 二烯丙基二硫对结肠癌 SW480 细胞系生长影响的研究[J]. 南华大学学报: 医学版, 2005, 33(2): 176-180.
- [12] 袁静萍, 凌晖, 张孟贤, 等. 二烯丙基二硫诱导人胃癌 MGC803 细胞凋亡及细胞周期阻滞的研究[J]. 中国药理学通报, 2004, 20(3): 299-302.
- [13] 林耀红, 谈燮峰, 萧树德. 合成芳樟醇的研究进展[J]. 广州化学, 1997(3): 45-54.
- [14] 林翔云. 天然芳樟醇与合成芳樟醇[J]. 化学工程与装备, 2008(7): 21-26.