

## 不同方法制备的回锅肉调味料的风味特征\*

刘平,黄湛,陆阳,崔晓红

(西华大学 食品与生物工程学院,四川 成都,610039)

**摘 要** 为了评价热反应法和炒制法制备的2种回锅肉调味料的风味特性,该研究通过定量描述分析法比较了感官特性的差异,并采用固相微萃取-气质联用法(SPME-GC-MS)分析调味料中的挥发性风味。结果显示:热反应法制备的回锅肉调味料的肉香味浓郁,呈现油润的红褐色,口感微甜、鲜味及醇厚味较强,且具有一定的油腻感,总体感官得分较高。在2种方法制备的调味料中,共鉴定出90种挥发性物质,对整体风味贡献较大呋喃类化合物、含氮化合物和含硫化合物在热反应调味料中的相对含量均比炒制调味料高,且2-乙烯基呋喃、5-甲基-2-呋喃甲醇、2-甲基四氢呋喃-3-酮、2-醛基吡咯、2-吡咯甲醛、二甲基三硫醚和4-甲基-5-乙烯基噻唑等化合物仅在热反应调味料中检出。

**关键词** 热反应;炒制;回锅肉调味料;感官评定;挥发性风味物质

回锅肉是汉族特色菜肴,属中国八大菜系川菜中一种烹调猪肉的传统菜式,川西地区还称之为熬锅肉。目前,市场上的回锅肉调味料主要是用水、辣椒、豆瓣酱、植物油、甜面酱、豆豉、白砂糖等原料炒制而成,有的辅以利用热反应制成的猪肉香精,以使肉香味更加浓郁突出。利用热反应形成的调味料在国际上被认为是天然香精香料的一种<sup>[1]</sup>。热反应型调味料能最大限度地保持原有食品天然的味道和香气,在加工过程中能赋予食品良好的色、香、味,符合健康和营养的要求,因而在食品加工行业中备受青睐<sup>[2]</sup>。

本研究在前期热反应制备回锅肉工艺研究的基础上,利用猪肉酶解产物、多种氨基酸、葡萄糖、猪油、豆瓣酱及甜面酱等多种原料,通过热反应法制成回锅肉调味料。将此纯热反应型调味料与市场上常见的以热反应猪肉香精基料为原料,配以多种辅料炒制而成的炒制型回锅肉调味料进行风味特性比较,以期开发一种快速制备肉香味逼真、味感和嗅感均强烈的回锅肉调味料方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

猪瘦肉、猪脂、蒜粉、白糖、食盐、豆豉、豆瓣和甜面酱:市售;葡萄糖、 $V_{B_1}$ 、植物水解蛋白、L-半胱氨酸、

L-甘氨酸和L-丙氨酸,上海爱普食品工业有限公司;木瓜蛋白酶,上海源叶生物科技有限公司;复合风味蛋白酶,诺维信生物技术有限公;C<sub>6</sub>~C<sub>20</sub>正构烷烃标准品,美国 O2Si Smart Solutions 公司;其他试剂均为分析纯。

DF-101S 型油浴锅,郑州长城科工贸有限公司;PHS-3C 型酸度计,方舟科技有限公司;KDN-1 型自动凯氏定氮仪,上海精密科学仪器有限公司;KDN-1 型消化器,上海精密科学仪器有限公司;固相微萃取装置,美国 Supelco 公司;QP-2010 plus 气相色谱质谱联用仪,日本岛津公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 猪肉酶解物的制备

称取 10.0 g 经绞碎的猪肉泥于三角瓶中,加 20 mL 去离子水混匀,自然 pH,于 55 ℃,加 0.8% 木瓜蛋白酶和复合风味蛋白酶(配比为 1:1),酶解 4 h,于 90 ℃ 灭去酶 10 min,酶解液冷却后于 3 500 r/min 离心 30 min,上清液即为猪肉酶解液。

#### 1.2.2 回锅肉调味料的制备

##### 1.2.2.1 热反应法

取猪肉酶解液 50.0 g 于反应瓶中,依次加入 8.0 g 葡萄糖、2.5 g 猪脂、0.9 g  $V_{B_1}$ 、4.0 g 植物水解蛋白、0.9 g L-半胱氨酸、0.6 g 甘氨酸、1.2 g 丙氨酸、11.0 g 蒜粉、2.5 g 白糖、5.6 g 食盐、36.7 g 豆豉、38.1 g 郫县豆瓣和 32.6 g 甜面酱,混匀,密封后置于 115℃ 油浴中反应 2.0 h。反应结束后,冰水冷却,即得热反应型回锅肉调味料。

第一作者:博士,讲师。

\* 西华大学校重点项目 (No szjj2013-046)

收稿日期:2015-04-08,改回日期:2014-05-19

### 1.2.2.2 炒制法

取猪肉酶解液 50.0 g 于反应瓶中,依次加入 8.0 g 葡萄糖、2.5 g 猪脂、0.9 g  $V_{B_1}$ 、4.0 g 植物水解蛋白、0.9 g L-半胱氨酸、0.6 g 甘氨酸、1.2 g 丙氨酸,密封后置于 115 ℃ 油浴中反应 2.0 h。反应结束后,冰水冷却,得到猪肉基础香精。将所制得的猪肉基础香精与 11.0 g 蒜粉、2.5 g 白糖、2.8 g 葡萄糖、5.6 g 食盐、36.7 g 豆豉、38.1 g 豆瓣、32.6 g 甜面酱,混匀,置于有适量油的炒锅中大火炒制 10 min,即得炒制型回锅肉调味料。

### 1.2.3 回锅肉调味料的感官特性研究

采用定量描述分析法对所制备的回锅肉调味料进行感官评价,评价小组由 8 个成员组成,4 名女性和 4 名男性,年龄在 20 ~ 50 岁之间。在进行感官评价之前,感官人员先通过 3 次基本培训充分讨论样品的风味属性,每次进行 2 h 训练,结合本研究目的,直到最终确定一致的对样品的评价指标。感官评定人员分别对香味、色泽和口感等感官指标分别进行打分,记录各评价人员的评价结果,每个样品重复评价 3 次,具体评分标准见表 1。

表 1 回锅肉调味料的感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation standards of twice-cooked pork flavoring

感官指标	评分标准
香气(30 分)	香气极弱难以察觉 0 ~ 10
	有一定肉香味 10 ~ 20
	肉香味浓郁 20 ~ 30
色泽(30 分)	有一定红色,较浅 0 ~ 10
	油润亮红色 10 ~ 20
	油润亮红褐色 20 ~ 30
口感(40 分)	口感乏味、无回味感 0 ~ 10
	有一定的鲜味感 10 ~ 20
	口感鲜香,具有一定油腻感 20 ~ 30 微甜、鲜味和醇厚味强,有较强的油腻感 30 ~ 40

### 1.2.4 回锅肉调味料挥发性风味物质分析

采用顶空固相微萃取法 (SPME) 回锅肉调味料挥发性风味物质进行萃取,并采用气相色谱-质谱联用法 (GC-MS) 进行鉴定,检测方法按照 Song 等<sup>[3]</sup>方法进行修改。

顶空固相微萃取:取 3.0 g 样品置于 15 mL 带磁力搅拌子的密封顶空瓶中,密封后置于电热水浴锅中在 55 ℃ 加热平衡 10 min。将老化后的 75  $\mu$ m CAR/PMDs 萃取头插入顶空瓶中吸附 30 min,然后于气相色谱进样口处在 250 ℃ 条件下解吸 5 min。

气相色谱条件:采用 DB-5MS 毛细管色谱柱 (30 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25  $\mu$ m),用氦气作载气,流速为 1 mL/min;升温程序:初始温度 40 ℃,保持 3 min,然后以速率 5 ℃/min 升温到 120 ℃,随后以速率 10 ℃/min 升温终温 250 ℃并保持 3 min。

质谱条件:采集方式:全扫描,采集质量范围 33 ~ 450 m/z;电离方式:电子轰击 (EI);发射能量:70 eV;离子源温度:200 ℃;接口温度:250 ℃。

挥发性化合物的定性定量分析:将所测挥发性化合物的质谱信息与数据库 NIST library 中已知挥发性化合物的质谱信息进行比对,根据相似度 SI 的高低进行定性 (SI > 80)。在相同的色谱质谱条件下,以  $C_6 \sim C_{20}$  正构烷烃混合物为标准,计算待测化合物的保留指数。挥发性化合物的相对含量按峰面积归一化法进行计算分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同方法制备的回锅肉调味料的感官分析

采用定量描述分析法对所制备的热反应型回锅肉调味料和炒制型回锅肉调味料的感官评价结果见图 1 所示。

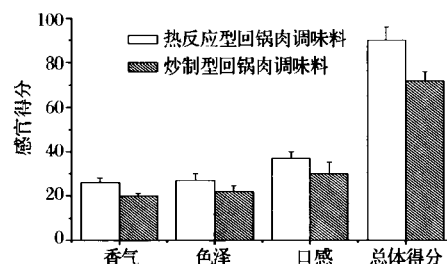


图 1 两种回锅肉调味料的感官分析

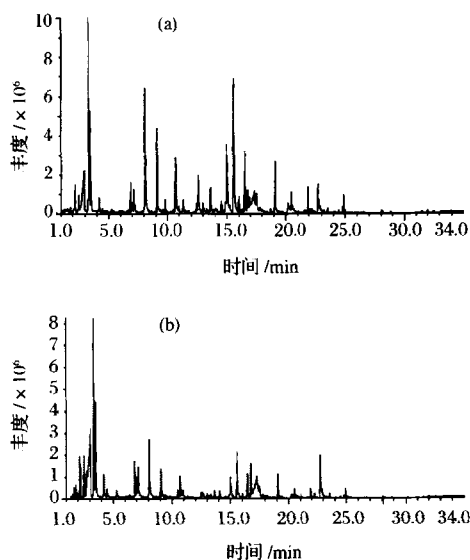
Fig. 1 Sensory analysis of two twice-cooked pork flavorings

由图 1 可知,热反应型回锅肉调味料的香气感官得分是 26 分,而炒制型回锅肉调味料的香气得分 22 分,两者差异显著 ( $P < 0.05$ )。同时,热反应法制备的调味料在色泽较深,呈现亮红褐色,且口感微甜,具有较强的鲜味和醇厚味浓郁,同时具有较强的油腻感,色泽和口感得分均显著高于炒制型调味料。总体而言,热反应法制备的火锅肉调味料的感官得分较高,风味品质较好,风味明显优于采用炒制法。由此发现,尽管原料相同,采用纯热反应制备与以热反应猪肉香精基料与辅料炒制而成的两种回锅肉调味料风味不同,这可能是由于在发酵制备豆瓣酱、甜面酱及豆豉中含有大量的氨基酸与小肽,与还原糖及脂类降解产物等参与了热反应,使调味料具有诱人的色

泽、浓郁的肉香及鲜味等优良的风味品质。

## 2.2 不同方法制备回锅肉调味料挥发性物质分析

对2种不同方法制备的回锅肉调味料中挥发性风味物质进行鉴定分析,结果如图2、图3和表2所示。



a - 热反应回锅肉调味料; b - 炒制回锅肉调味料  
图2 回锅肉调味料挥发性风味成分的 GC-MS 总离子流色谱图

Fig.2 TIC of volatile flavor compounds obtained from twice-cooked pork flavorings

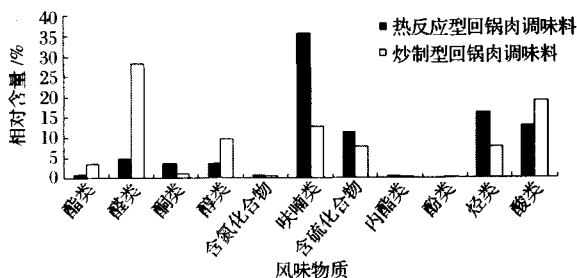


图3 回锅肉调味料各类风味物质相对含量

Fig.3 The relative contents of the volatile compounds identified in twice-cooked pork flavorings

由图2和表2可知,2种调味料中共鉴定出90种挥发性风味物质,其中酯类8种、醛类13种、酮类8种、醇类12种、含氮化合物5种、呋喃9种、含硫化合物15种、内酯2种、酚类1种、炔类13种和酸类4种。热反应回锅肉调味料中共检测到53种化合物,炒制回锅肉调味料中67种。结合图3可知,尽管2种调味料的风味化合物的组成类别基本相同,但其同类型风味物质总量之间均存在明显差异。

### 2.2.1 酯类

酯类物质是食品香气的主要成分,赋予食品香甜、果香<sup>[4]</sup>。在热反应回锅肉调味料中,检测出3种酯类物质,相对百分含量占0.86%,己酸乙酯含量最高,达0.42%,其次是乳酸乙酯0.27%;在炒制回锅肉调味料中检测出6种酯类物质,相对百分含量占3.37%,乙酸乙酯含量最高,达2.91%,其次是甲基丙烯酸二甲氨基乙酯0.22%。在2种调味料中均被检出的酯类为乙酸异戊酯,在热反应型中相对含量为0.17%,在炒制型中仅为0.03%。研究表明<sup>[5]</sup>,酯类即使在很低的浓度下也对食品的香味起着非常重要的作用,因为短链酯类不仅在常温条件下可大量挥发,而且具有极低的阈值(小于其相应的醇类约10倍)。酯类除了赋予产品特殊的酯香(类似花果香)外,还可掩盖游离脂肪酸带来的不愉快的味道。

### 2.2.2 醛类

共鉴定出13种醛类物质,其中热反应调味料中6种,相对百分含量占4.79%,而炒制调味料中11种,占28.31%,仅2-甲基戊醛和异丁醛未被检出。两种调味料中相对含量最高的醛类物质均为异戊醛,其中炒制型中其含量达到了21.50%,而在热反应型中达2.47%,这可能是由于制作调味料时加入的郫县豆瓣引起的,异戊醛在郫县豆瓣中的相对含量较高<sup>[6]</sup>。另外,而正己醛具有青草香气,在2种调味料中均有检出,其可能是由于在热反应及炒制过程中酯类的氧化及降解产生<sup>[7]</sup>。

### 2.2.3 酮类

共鉴定出8种酮类物质,其在热反应型调味料挥发性物质中占3.57%,在炒制型中占1.07%,前者相对含量较高的是4-环戊烯-1,3-二酮和2,3-戊二酮,分别达1.35%和1.25%,而后者中相对含量较高的是3-羟基-2-丁酮,达0.74%。酮类物质一般由脂肪降解、氧化或者进一步反应生成<sup>[8]</sup>。醛类和酮类都是羰基类化合物,它们均属不稳定的中间体化合物,还易被还原成相应的醇<sup>[9]</sup>。尽管酮类大都具有愉快的气味,但由于其余检测出的酮类物质相对含量较低,在2种调味料中对于风味的贡献不大。

### 2.2.4 醇类

醇类化合物一般是由脂质氧化分解或由羰基化合物还原生成<sup>[10]</sup>,在两类产品中共鉴定出12种醇类物质,热反应型调味料中检测到7种,占3.62%;而炒制型中10种,占9.64%。醇类物质中直链饱和醇对于肉制品的风味贡献很小,但随着碳链的增长,香味增加,可以产生清香、木香和脂肪香的特征,不饱和

表 2 回锅肉调味料中挥发性风味物质分析

Table 2 Analysis of volatile flavor compounds from twice-cooked pork flavoring

保留 时间/ min	化合物名称	保留 指数	峰面积百 分比/%		保留 时间 (min)	化合物名称	保留 指数	峰面积百 分比/%	
			热反应	炒制				热反应	炒制
酯类(8种)					呋喃类(9种)				
1.992	乙酸甲酯	384	-	0.07	1.822	糠醛	365	-	2.32
2.733	乙酸乙酯	458	-	2.91	2.576	2-甲基呋喃	443	0.49	0.22
6.833	乳酸乙酯	694	0.27	-	4.341	2,5-二甲基呋喃	518	0.08	0.23
7.451	2-羟基丙酸乙酯	739	-	0.13	5.975	2-乙烯基呋喃	632	0.13	-
8.375	乙酸乙烯酯	785	-	0.01	7.238	2-甲基四氢呋喃-3-酮	717	0.76	-
9.617	乙酸异戊酯	863	0.17	0.03	8.082	3-糠醛	760	17.06	6.35
11.327	甲基丙烯酸二甲氨基乙酯	898	-	0.22	9.088	糠醇	817	9.15	3.20
13.909	己酸乙酯	1125	0.42	-	12.478	5-甲基-2-呋喃甲醇	978	1.18	-
醛类(13种)					12.590	5-甲基呋喃醛	985	6.77	0.48
1.540	乙醛	304	0.17	0.31	含硫化合物(15种)				
1.802	2-甲基戊醛	345	0.38	-	1.599	甲硫醇	317	0.17	0.14
2.058	异丁醛	398	0.27	-	1.937	二甲基硫醚	373	-	0.29
3.272	异戊醛	485	2.47	21.50	2.507	硫化丙烯	421	-	2.96
5.277	2-乙基丙烯醛	580	-	0.61	4.100	烯丙基甲基硫醚	492	0.04	0.10
6.630	5-己烯醛	691	0.19	0.16	5.583	2-甲基噻吩	608	0.04	-
7.015	正己醛	701	1.31	2.74	5.843	2-甲硫基乙醇	618	0.11	0.03
8.809	反-2-辛烯醛	812	-	0.04	6.500	3-甲基-噻吩	686	0.21	-
10.500	庚醛	872	-	0.64	8.582	乙基正丙基硫醚	793	0.06	-
10.971	反-2-顺-6-壬二烯醛	892	-	0.69	8.944	二烯丙基硫醚	813	0.13	0.48
12.469	2-苯基-2-丁烯醛	957	-	0.47	10.703	3-甲硫基丙醛	879	9.89	3.38
12.658	苯甲醛	1005	-	0.35	11.559	2-羟甲基苯并噻唑	907	-	0.13
14.092	正辛醛	1144	-	0.80	11.560	5-甲基-2-噻吩甲醛	914	0.17	-
酮类(8种)					11.784	甲基丙烯基二硫醚	933	-	0.08
4.193	2,3-戊二酮	504	1.25	-	12.857	二甲基三硫醚	1018	0.08	-
4.470	3-羟基-2-丁酮	530	0.32	0.74	13.050	4-甲基-5-乙烯基噻唑	1042	0.34	-
5.208	反式-3-戊烯-2-酮	562	0.08	0.05	内酯类(2种)				
6.073	1-羟基-2-丁酮	638	0.13	0.08	9.249	α-当归内酯	824	0.40	0.01
8.367	二甲基(乙)二酮	771	0.02	-	11.674	2-戊烯-4-内酯	930	0.08	-
9.359	苯基丙酮	827	0.42	-	酚类(1种)				
9.784	4-环戊烯-1,3-二酮	868	1.35	0.12	13.101	4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	1064	-	0.33
13.175	1-辛烯-3-酮	1071	-	0.08	烃类(13种)				
醇类(12种)					4.192	正庚烷	497	-	2.01
1.692	乙醇	332	0.17	0.63	4.702	2,3-二甲基葵烷	540	-	0.30
2.126	丙烯醇	405	0.70	2.10	5.367	2,4-二甲基戊烷	584	-	0.05
5.367	2-甲基丁醇	595	-	0.18	5.967	四环烷	623	-	0.05
5.506	5-乙基-1,3-二恶烷-5-甲醇	600	-	0.04	7.241	氯代十八烷	724	-	0.61
5.733	6-庚烯-2,4-二醇	610	-	0.04	8.597	异丙环戊烷	805	-	0.08
6.178	2-甲基-1-戊醇	651	0.06	-	12.148	2,2-二甲基-3-亚甲基二环[2,2,1]庚烷	946	-	0.03
6.184	正戊醇	664	-	0.17	12.991	3-亚甲基-6-(1-甲基乙基)环己烯	1024	-	0.29
7.135	2,3-丁二醇	703	2.05	5.19	12.992	甲基-6-(1-甲基乙基)环己烯	1026	0.91	-
9.529	正己醇	848	0.17	0.08	13.606	月桂烯	1104	3.21	0.73
12.273	3-己炔-2,5-二醇	955	0.11	-	14.195	2-甲基-5-(1-甲基乙基)-1,3-环己二烯	1152	-	0.38
13.429	1-辛烯-3-醇	1085	0.36	0.18	14.884	对伞花烃	1161	-	0.89
15.058	桉叶油醇	1178	-	1.03	14.999	柠檬烯	1167	12.03	2.28
含氮化合物(5种)					酸(4种)				
7.858	2-甲基吡嗪	750	0.15	0.07	2.939	乙酸	476	12.88	18.60
10.879	2,6-二甲基吡嗪	887	0.04	0.30	4.567	丙酸	538	0.08	-
12.150	2-乙酰基吡啶	948	0.04	-	6.361	2-甲基丙酸	675	-	0.25
13.050	2-醛基吡咯	1053	0.34	-	9.415	2-甲基丁酸	844	-	0.18
13.903	2-乙基-6-甲基吡嗪	1119	-	0.12					

醇的阈值较低。共检出的化合物中,2,3-丁二醇、丙烯醇及1-辛烯-3-醇含量较高,其总量在热反应及炒制调味料中分别占3.11%和7.47%,其中1-辛烯-3-醇的风味阈值较低,具有类似蘑菇的香气<sup>[11]</sup>,可能对整体风味的贡献较大。2-甲基-1-戊醇和3-己炔-2,5-二醇仅在热反应调味料中检出。桉叶油醇、2-甲基丁醇及正戊醇等仅在炒制型中检出。

#### 2.2.5 呋喃类

热反应回锅肉调味料中,所检测到的呋喃类化合物有8种,相对含量高达35.62%,其中3-糠醛含量高达17.06%,其次是糠醇9.15%,5-甲基呋喃醛达6.77%。而在炒制型调味料中检测到6种呋喃化合物,相对含量仅为12.80%,3-糠醛、糠醇和糠醛相对含量较高,分别达6.35%、3.20%和2.32%。同时发现,糠醛仅在炒制调味料中被检测出;2-乙炔基呋喃、5-甲基-2-呋喃甲醇和2-甲基四氢呋喃-3-酮仅在热反应调味料中被检测出。呋喃类化合物可以通过焦糖化反应和碳水化合物降解形成,并且它们对大部分食品的整体风味都有很大的贡献<sup>[12]</sup>。在热反应调味料中有一定焦糖味和浓郁的肉香味可能是由于其呋喃类化合物含量相对较高<sup>[13]</sup>。

#### 2.2.6 含氮化合物

在2种调味料中,共检测出5种含氮化合物,包括均检测到的3种吡嗪化合物,而热反应调味料中还检测到吡咯和吡啶类化合物。热反应调味料中,总含氮化合物相对百分含量达0.57%,比炒制调味料中高14.04%。烷基吡嗪可能通过 $\alpha$ -二酮和氨基酸反应形成 $\alpha$ -氨基酮(Strecker降解),这些 $\alpha$ -氨基酮可以与其其它的 $\alpha$ -氨基酮缩合生成杂环化合物,杂环化合物可经过氧化生成三不饱和吡嗪,烷基吡嗪通常被描述为烤香味,具有坚果香或烘香的风味特征,是食品中令人喜爱的芳香味<sup>[14]</sup>。另外,所使用的原料酱中也含有一定的吡嗪类化合物<sup>[15]</sup>。

#### 2.2.7 含硫化合物

在2种调味料中共检测出15种含硫化合物,包括脂肪族硫化物、硫醇、硫醚、噻吩和噻唑等,其中硫醇、硫醚和噻唑均被检测到,噻吩仅出现在热反应调味料中,其中3-甲基-噻吩的相对含量达0.21%,此化合物在许多肉类产品中被检测到,如罐装牛肉、热加工鱼蛋白质等产品,同时Lee等<sup>[16]</sup>报道该化合物能提供较强的肉香。热反应调味料中含硫化合物相对含量高达11.24%,而炒制调味料中仅达7.59%。3-甲硫基丙醛相对含量均较高,尤其是在热反应产品

中,高达9.89%,该化合物具有肉香味,赋予热反应产品较强的肉味。据推测这些含硫化合物通过胱氨酸或半胱氨酸的热降解,或含硫氨基酸与羰基化合物相互作用生成的<sup>[17]</sup>。含硫化合物通常具有很低的风味阈值和显著的气味特征,对不同食品的熟肉风味特征有显著贡献<sup>[18]</sup>。仅在热反应调味料中检出的二甲基三硫醚、4-甲基-5-乙炔基噻唑等化合物在产品中相对含量虽然不高,但它们具有极低的气味阈值和特征的烤肉香气和洋葱气味等<sup>[19]</sup>,所以对调味料香味的产生可能也有特别重要的作用。

#### 2.2.8 其他类化合物

2种调味料中还共检测到一些其他类型化合物,主要包括2种内酯、1种酚类、13种烃类及4种酸类化合物。 $\alpha$ -当归内酯和2-戊烯-4-内酯在热反应调味料中检出,前者含量相对较高达0.4%,后者未在炒制型调味料中检出。同时发现,4-乙炔基-2-甲氧基苯酚仅在炒制调味料中检出,其主要是在原料酱中发酵过程中产生的。在热反应调味料中检出3种烯烃类物质,在炒制调味料中检出的14种物质大部分为烷烃类物质。烷烃类化合物香气阈值很高,对调味料的香味贡献不大;烯烃类化合物的香气阈值相对较低,对调味料的香味具有一定的贡献。所检测到的酸类物质主要是饱和的短链脂肪酸,如乙酸、丙酸、2-甲基丙酸和2-甲基丁酸等,其中乙酸在热反应回锅肉调味料和炒制回锅肉调味料中的相对含量分别达到了12.88%和18.60%。

### 3 结论

制备方法对回锅肉调味料的风味有很大影响,其中采用热反应法制备的产品口感较好,而炒制结合法制备的产品口感稍差。由GC-MS分析发现,对调味料的整体风味贡献较大的杂环类化合物含量在热反应调味料中相对含量较高,尤其是2-乙炔基呋喃、5-甲基-2-呋喃甲醇、2-甲基四氢呋喃-3-酮、2-乙酰基吡啶、2-醛基吡咯、二甲基三硫醚和4-甲基-5-乙炔基噻唑等化合物仅在热反应调味料中检出。

#### 参 考 文 献

- [1] 龚钢明,肖作兵,贺双剑,等. 热反应鱼香精的制备工艺[J]. 食品工业, 2008(5): 9-11.
- [2] 刘红. 热反应型风味基料的研制及与市售相关产品的风味比较[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2010: 2.
- [3] SONG S Q, ZHANG X M, Hayat K, et al. Contribution of beef base to aroma characteristics of beeflike process fla-

- avour assessed by descriptive sensory analysis and gas chromatography olfactometry and partial least squares regression [J]. *Journal of Chromatography A*, 2010, 1 217 (49): 7 788 - 7 799.
- [4] 邓静, 李萍萍. 大头菜腌制过程中挥发性香味物质变化分析 [J]. *食品科学*, 2013, 34(24): 225 - 229.
- [5] Nogueira M C L, Lubachevsky G Rankin S A. A study of the volatile composition of Minas cheese [J]. *Lebensm. - Wiss u-Technology* 2005, 38:555 - 563.
- [6] 刘平, 黄湛, 车振明, 等. 采用同时蒸馏萃取-气质联用技术分析不同等级传统郫县豆瓣中挥发性风味物质 [J]. *西华大学学报: 自然科学版*, 2014, 33(4): 65 - 71.
- [7] Ames J M, Macleod G. Volatile components of an unflavored textured soy protein [J]. *Journal of Food Science*, 1984, 49(6): 1 552 - 1 565.
- [8] 牛爽, 乔发东, 徐静, 等. 发酵干香肠中挥发性成分的分析 [J]. *食品与发酵工业*, 2005, 31(2): 101 - 104.
- [9] Fernández-García E, Carbonell M, Gaya P, et al. Evolution of the volatile components of ewe raw milk Zamorano cheese Seasonal variation [J]. *International Dairy Journal* 2004, 14(8): 701 - 711.
- [10] Pan B S, Hou J M. Flavor of shellfish and kamaboko flavourants [M]. New York: Blackie Academic and Professional, 1994: 85 - 114.
- [11] 张娜. 中华绒螯蟹挥发性物质的研究 [J]. *食品与发酵工业*, 2008, 34(3): 141 - 144.
- [12] Shibamoto T. Heterocyclic compounds found in cooked meats [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1980, 28(2): 237 - 243.
- [13] Eric K, Raymond L V, Huang M G, et al. Sensory attributes and antioxidant capacity of Maillard reaction products derived from xylose, cysteine and sunflower protein hydrolysate model system. *Food Research International*. 2013, 54(2): 1 437 - 1 447.
- [14] Ullrich F, Grosch W. Identification of the most intense volatile flavor compounds formed during autoxidation of linoleic acid [J]. *Z Lebensm. u. Unters. Forsch.*, 1987, 1 84 (4): 77 - 282.
- [15] PENG X, LI X, SHI X, et al. Evaluation of the aroma quality of Chinese traditional soy paste during storage based on principal component analysis [J]. *Food Chemistry*, 2014, 151(15): 532 - 538.
- [16] Lee S M, Jo Y J, Kim, Y S. Investigation of the aroma-active compounds formed in the Maillard reaction between glutathione and reducing sugars [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(5): 3 116 - 3 124.
- [17] Guentert M, Bruening J, Emberger R, et al. Identification and formation of some selected sulfur-containing flavor compounds in various meat model systems [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1990, 38(11): 2 027 - 2 041.
- [18] Tai C Y, Ho C T. Influence of glutathione oxidation and pH on thermal formation of Maillard-type volatile compounds [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1998, 46(6): 2 260 - 2 265.
- [19] 孙宝国. 食用调香术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003, 8: 25 - 32.

## Flavor characteristics of twice-cooked pork flavorings prepared by different methods

LIU Ping, HUANG Zhan, LU Yang, CUI Xiao-hong

(School of Food and Biotechnology, Xihua University, Chengdu 610039, China)

**ABSTRACT** The twice-cooked pork flavorings were prepared by the thermal reaction and frying, respectively. The flavor characteristics of thermally processed flavoring (TPF) and frying flavoring (FF) obtained were analyzed by descriptive sensory analysis and solid-phase microextraction / gas chromatography-mass (SPME-GC-MS) technology. Compared with FF, TPF possessed strongly meat flavor, lightly sweet and umami, mouthful, greasy-feeling taste, as well as oily reddish-brown. The 91 kinds of volatile substances were isolated and identified from the two flavorings. In the case of TPF, thermal reaction favored the formation of key flavors, and the relative amounts of furan, nitrogen and sulfur compounds were significantly higher than that of FF. Moreover, 2-vinyl furan, 5-methyl-2-furanmethanol and 2-methyl-2H-furan-3-one, 2-acetyl pyridine, 2-pyrrolidin formaldehyde, dimethyl trisulfide and 4-methyl-5-vinylthiazole were detected only in TPF.

**Key words** thermal reaction; frying; twice-cooked pork flavoring; sensory analysis; volatile flavors