

焦盐辣椒粉加工工艺优化及其挥发性成分分析

熊学斌¹, 夏延斌^{*1,2}, 张晓¹, 邓后勤^{1,2}

(1. 湖南农业大学 食品科技学院, 湖南 长沙 410128; 2. 国家蔬菜加工技术研发分中心, 湖南 长沙 410128)

摘要: 作者研究了焦盐辣椒粉加工工艺与香气特征, 以野山椒为材料, 通过正交试验方法确定焦盐野山椒粉的最佳工艺, 采用顶空固相微萃取和气相色谱—质谱联用技术, 分析灯笼椒、红干椒、越野椒和野山椒四种焦盐辣椒粉的香气特征。结果表明: 烘烤温度 120 ℃、烘烤时间 10 min、加盐量 5% 为焦盐野山椒粉的最佳加工工艺; 最佳工艺条件下, 4 种焦盐辣椒粉共检出 69 种挥发性成分, 其中灯笼椒、红干椒、越野椒、野山椒分别为 22 种、39 种、33 种、50 种, 18 种成分为 4 种辣椒粉共有。

关键词: 固相微萃取; 气相色谱质谱; 焦盐辣椒粉; 挥发性成分

中图分类号: TS 264 文献标志码: A 文章编号: 1673-1689(2012)08-0857-08

Optimization of Technology for Salty Baked Capsicum Powder Making and Analysis of Volatile Components

XIONG Xue-bin¹, XIA Yan-bin^{*1,2}, ZHANG Xiao¹, DENG Hou-qin^{1,2}

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. National R&D Center For Vegetable Processing, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: To study the processing technology and aroma constitution of salty baked chili powder, the optimum processing technological parameters of salty baked capsicum frutescens var was investigated through orthogonal array experiment and the results listed as follows: baking temperature 120℃, baking time 10min, and salt concentration 5%. Furthermore, the volatile components from salty baked bell pepper, salty baked chili hot pepper, salty baked Vietnam capsicum frutescens var and salty baked capsicum frutescens var prepared by the optimum processing were extracted by solid phase microextraction (SPME) and analyzed by gas chromatography—mass spectrometry (GC—MS), it was found that a total of 69 volatile components with bell pepper 22, chili hot pepper 39, Vietnam capsicum frutescens var 33, and capsicum frutescens var 50, including 18 common components are identified under the optimum processing technology.

Key words: SPME, GC-MS, salty baked chili powder, volatile components

烤香辣椒粉是经过一定温度处理后的辣椒粉, 焦盐辣椒粉是加入了适量食盐的烤香辣椒粉, 与原

料辣椒粉相比, 焦盐辣椒粉具有香气充裕、柔和, 不易发霉, 保质期长, 可直接食用, 携带方便, 易于保

收稿日期: 2012-02-24

基金项目: 农业部 948 专项经费资助项目(2003T18)。

* 通信作者: 夏延斌(1952-), 男, 湖南益阳人, 工学博士, 教授, 主要从事食品化学与营养学研究。E-mail: xy520523@yahoo.com.cn

存, 香脆可口, 开胃等特点。固相微萃取技术 (SPME) 具有操作简单、快速、灵敏、费用低、能与气相色谱或液相色谱直接联用等优点^[1]。目前, 用 SPME 结合 GC-MS 检测辣椒中挥发性成分的研究较多, 如发酵辣椒、新鲜辣椒中挥发性成分分析^[2-5], 辣椒油中挥发性成分分析^[6], 不同辣椒品种中挥发性成分比较研究^[7-8], 焙烤前后辣椒粉挥发性成分分析^[9-10], 萃取头的优化研究^[11], 干辣椒香味物质的聚类分析^[12], 不同萃取头萃取对辣椒挥发性成分的影响^[13]等, 但与焦盐辣椒粉加工和香气相关的研究很少。野山椒香气丰富、浓郁, 烘烤前后颜色对比鲜明, 这些特点有利于感官评价, 以及相关工艺参数的优化。研究表明, 虽然不同焦盐辣椒粉加工工艺会有细微的区别, 但区别不大。鉴于此, 作者以野山椒为原料, 研究了焦盐野山椒粉的最佳工艺参数, 在最佳工艺条件下, 分析了灯笼椒、红干椒、越野椒和野山椒 4 种焦盐辣椒粉的挥发性成分组成及香气特征, 以期对焦盐辣椒粉及其相关产品的生产工艺优化, 香气特征分析以及辣椒产业的发展有一定的贡献。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

野山椒、越野椒、红干椒、灯笼椒均购于长沙市高桥大市场; 食盐(碘质量分数 $(35 \pm 15) \text{ mg/kg}$), 购于长沙市超市。气相色谱-质谱联用仪 (GCMS-QP2010): 日本岛津公司产品; 手动 SPME 进样器: $100 \mu\text{m}$ PDMS、 $65 \mu\text{m}$ PDMS/DVB、 $50/30 \mu\text{m}$ DVB/CAR/PDMS、 $75 \mu\text{m}$ CAR/PDMS 萃取纤维头, SPME 操作平台(上海安谱科学仪器有限公司产品); 磁力搅拌器 (GL-3250): 海门市其林贝尔仪器制造有限公司产品; 中草药粉碎机 (FW177): 天津市泰斯特仪器有限公司产品; 电热恒温鼓风干燥箱 (DHG-9240A): 上海飞越实验仪器有限公司产品; 电子天平 (TP-213): 北京赛多利斯仪器系统有限公司产品; 标准检验筛 (0.391 mm): 浙江萧山水发电器有限公司产品。

1.2 试验方法

1.2.1 焦盐野山椒粉的制备 将原料干野山椒于 $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱中烘至水分 $\leq 15\%$, 去杂去蒂后, 用粉碎机粉碎, 过 0.391 mm 标准检验筛。称取占辣椒粉

质量一定比例的食盐用少量蒸馏水溶解, 与筛好的野山椒粉混合均匀, 于 $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱中干燥至水分 $\leq 15\%$, 用研钵捣碎, 过 0.391 mm 标准检验筛后于一定温度的烘箱中烘烤一定时间, 得到焦盐野山椒粉。

1.2.2 焦盐野山椒粉加工工艺试验设计

1) 单因素试验设计方案 研究表明, 烘烤温度、烘烤时间和加盐量对焦盐野山椒粉感官品质的影响较大, 故选取它们作为单因素实验的主要考察因素, 以感官评分的方法(见表 1)确定最佳条件。烘烤温度对焦盐野山椒粉品质的影响: 食盐加入量为辣椒粉质量的 5% , 烘烤温度取 105 、 110 、 115 、 120 、 125 、 $130 \text{ }^\circ\text{C}$, 烘烤时间 15 min ; 烘烤时间对焦盐野山椒粉品质的影响: 食盐加入量为辣椒粉质量的 5% , 烘烤温度为 $120 \text{ }^\circ\text{C}$, 烘烤时间取 5 、 10 、 15 、 20 、 25 、 30 min ; 食盐加入量对焦盐野山椒粉品质的影响: 食盐加入量为辣椒粉质量的 0 、 1% 、 3% 、 5% 、 7% 、 9% , 烘烤温度为 $120 \text{ }^\circ\text{C}$, 烘烤时间取 10 min 。

2) 焦盐野山椒粉最佳工艺的确定 在以上单因素实验基础上, 选取烘烤温度、烘烤时间和加盐量 3 个因素作为试验考察因素, 设立 3 个水平, 以野山椒粉的感官评分(见表 1)为因变量, 采用 $L_9(3^4)$ 正交设计方法进行分析, 确定制备焦盐野山椒粉的最佳工艺。

1.2.3 感官评价方法 焦盐野山椒粉品质采用感官品质综合评分法评定, 其中香气好坏 50 分, 香气浓度 30 分, 口感、颜色各 10 分, 各分 3 个等级。选 10 人对产品打分, 最后求出平均值, 评分标准见表 1。

表 1 感官评定标准

Tab. 1 Standards of sensory evaluation

项目	等级
香气好坏 (50 分)	40-50 分: 辣椒烤香气味明显, 同时有原料辣椒粉的香气; 30-39: 烤香气味较明显, 但略带原料辣椒的刺激气味或烤焦的气味; 0-29 分: 烤香气味不明显, 辣椒本身所带的刺激气味或烤焦气味浓重。
香气浓度 (30 分)	26-30 分: 烤香气味浓烈; 20-25 分: 烤香气味较浓; 0-19 分: 烤香气味淡。
口感 (10 分)	8-10 分: 咸度适中; 5-7: 较咸或较淡; 0-4 分: 过咸或过淡。
颜色 (10 分)	8-10 分: 典型烘烤辣椒粉颜色, 即原料辣椒粉和褐色之间的颜色; 5-7 分: 烤香辣椒粉颜色特征不明显; 0-4 分: 原料辣椒粉颜色或黑褐色。

1.2.4 焦盐辣椒粉香气分析 参照文献^[10], 先

将 100 μm PDMS 萃取纤维头插入气-质联用仪的进样口中,于 250 $^{\circ}\text{C}$ 老化 30 min,然后取 1 g 待测辣椒粉于 15 mL 样品瓶中,在 60 $^{\circ}\text{C}$ 条件下恒温 10 min,插入萃取纤维头,于 60 $^{\circ}\text{C}$ 顶空吸附 30 min 后,取出萃取纤维头迅速插入气-质联用仪进样口脱附 3 min。色谱条件:色谱柱为 DB-5MS 弹性石英毛细管柱(30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm);载气为高纯(99.999%)氦气,氦气流速 1.0 mL/min;进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$;不分流进样。程序升温:柱温 45 $^{\circ}\text{C}$ 保持 1 min,以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 290 $^{\circ}\text{C}$,保持 2 min。质谱条件:离子源为 EI 源,离子源温度 200 $^{\circ}\text{C}$;电子能量 70 eV;发射电流 150 μA ;倍增器电压 1 037 V;接口温度 220 $^{\circ}\text{C}$;质量扫描范围 45~500。利用随机 Xcalibu 工作站 NIST2002 标准谱库自动检索各组分质谱数据,结合文献[9-10],以及被鉴定化合物沸点、极性与保留时间的关系,对机检结果进行核对和确认,按总面积归一化法计算各组分的含量。

2 结果与分析

2.1 焦盐野山椒粉加工工艺优化

单因素结果表明:当烘烤温度低于 120 $^{\circ}\text{C}$ 时,辣椒粉烤香气味不明显,有刺激气味,当烘烤温度高于 120 $^{\circ}\text{C}$ 时,辣椒粉有烤焦气味,故烘烤温度取 120 $^{\circ}\text{C}$ 较好;当烘烤时间小于 10 min 时,辣椒粉香气不足,当烘烤时间超过 10 min 时,辣椒粉香气不足,且有烤焦气味,故烘烤时间取 10 min 较好;加盐量对辣椒粉香气的影响相对比较小,考虑到大多数人对咸味的适应性,焦盐野山椒粉加盐量为干野山椒粉质量的 5% 比较适宜,此时辣椒粉咸度适中。

由单因素试验结果得,焦盐野山椒粉的最佳烘烤温度为 120 $^{\circ}\text{C}$,烘烤时间为 10 min,加盐量为 5%。在此基础上,选取烘烤温度,烘烤时间,加盐量三因素设计正交试验,以野山椒粉的感官评分(见表 1)为指标,优化焦盐野山椒粉加工的工艺参数。正交试验的因素水平值见表 2,结果与分析见表 3、表 4。由表 3 可知,焦盐野山椒粉加工条件影响因素大小为烘烤时间>烘烤温度>加盐量。由表 4 可知,烘烤温度和烘烤时间对焦盐野山椒粉感官品质影响显著,加盐量对其影响不显著。因为加盐量为次要因素,考虑到现实生产的需要,加盐量

以咸度适中为宜,即 5% 时为最佳。综合考虑,焦盐野山椒粉的最佳加工工艺为 $A_2B_2C_2$,即烘烤温度 120 $^{\circ}\text{C}$,烘烤时间 10 min,加盐量 5%。

表 2 正交试验因素水平表

Tab. 2 The table for orthogonal experimental factor levels

水平	烘烤温度 A/ $^{\circ}\text{C}$	烘烤时间 B/min	加盐量 (质量分数) C/%	空列 D
1	115	5	3	
2	120	10	5	
3	125	15	7	

表 3 焦盐野山椒粉加工条件的正交试验结果

Tab. 3 Orthogonal experimental results of salty baked capsicum frutescens var powder processing

序号	A	B	C	D	感官评分
1	1	1	1	1	75.6
2	1	2	2	2	85.0
3	1	3	3	3	90.8
4	2	1	2	3	80.2
5	2	2	3	1	95.8
6	2	3	1	2	85.2
7	3	1	3	2	77.6
8	3	2	1	3	81.3
9	3	3	2	1	74.8
k_1	83.800	77.800	80.700	82.067	
k_2	87.067	87.367	80.000	82.600	
k_3	77.900	83.600	88.067	84.100	
R	9.167	9.567	8.067	2.033	

表 4 正交试验结果方差分析

Tab. 4 Variance analysis of orthogonal array experimental results

方差来源	离差平方和	自由度	方差	F 值	显著性
烘烤温度 A	129.509	2	64.755	19.420	*
烘烤时间 B	139.349	2	69.675	20.895	*
加盐量 C	119.829	2	59.915	17.968	
	6.67		2	3.335	
		395.36	8		

注: $F_{0.05}(2,2)=19.0$, $F_{0.01}(2,2)=99.0$

2.2 焦盐辣椒粉挥发性成分 GC-MS 分析

在最佳工艺条件下制备灯笼椒、红干椒、越野椒和野山椒的 4 种焦盐辣椒粉,制备方法参照“1.2.1”,经 GC-MS 分离和鉴定,各组分质谱经计算机谱库检索分析以及相关资料和其它试验数据核实,结果如表 5 所示。4 种焦盐辣椒粉共鉴定出 69 种成分,其中烯烃类 10 种,烷烃类 19 种,酯类 25 种,醛类 4 种,酮类 5 种,酸类 1 种,醇类 3 种,其它类 2 种。18 种挥发性物质为 4 种辣椒粉共有,分别为己酸己酯、2-甲基十三烷、十四烷、1,1-二甲基-2-壬基环丙烷、β-紫罗兰酮、顺(-)-2,4a,5,6,9a-六氢-3,5,5,9-四甲基-1H-苯并环庚烯、1R,3Z,9s-4,11,11-三甲基-8-亚甲基双环[7.2.0]十一碳-3-烯、十五烷、二氢猕猴桃内酯、2-甲基十五烷、十六烷、2-甲基十六烷、阿道克醛、十七烷、癸酸己酯、十八烷、植烷、邻苯二甲酸二异丁酯,这些成分共同构成了焦盐辣椒粉基本的香气组分。

灯笼椒粉鉴定出 22 种成分,占总挥发性成分的 49.15%,其中烯烃类 2 种(10.20%),烷烃类 12 种(25.39%),酯类 5 种(8.13%),醛类 2 种(4.35%),酮类 1 种(1.08%)。其中主要挥发性成分有(相对质量分数>2%):己酸己酯(2.12%)、2-甲基十三烷(2.07%)、1,1-二甲基-2-壬基环丙烷(2.20%)、顺(-)-2,4a,5,6,9a-六氢-3,5,5,9-四甲基-1H-苯并环庚烯(2.12%)、1R,3Z,9s-4,11,11-三甲基-8-亚甲基双环^[7.2.0]十一碳-3-烯(8.08%)、十五烷(2.30%)、2-甲基十五烷(3.38%)、十六烷(2.79%)、阿道克醛(2.68%)、十七烷(4.00%)。

红干椒粉鉴定出 39 种成分,占总挥发性成分的 80.82%,其中烯烃类 8 种(38.90%),烷烃类 14 种(27.38%),酯类 9 种(8.38%),醛类 2 种(1.79%),酮类 4 种(3.29%),醇类 2 种(1.08%)。其中主要挥发性成分有(相对质量分数>2%):2-甲基十三烷(2.46%)、1,1-二甲基-2-壬基环丙烷

(2.91%)、2-甲基十四烷(6.40%)、1R,3Z,9s-4,11,11-三甲基-8-亚甲基双环十一碳-3-烯(34.37%)、十五烷(2.21%)、二氢猕猴桃内酯(2.37%)、2-甲基十五烷(3.44%)、十六烷(2.25%)、十七烷(2.99%)。

越野椒粉鉴定出 33 种成分,占总挥发性成分的 76.41%,其中烯烃类 4 种(15.01%),烷烃类 13 种(28.50%),酯类 9 种(11.50%),醛类 2 种(4.74%),酮类 2 种(2.99%),醇类 2 种(7.20%),其它类 1 种(6.47%)。其中主要挥发性成分有(相对质量分数>2%):2-甲基十三烷(2.19%)、1,1-二甲基-2-壬基环丙烷(2.06%)、顺(-)-2,4a,5,6,9a-六氢-3,5,5,9-四甲基-1H-苯并环庚烯(4.93%)、1R,3Z,9s-4,11,11-三甲基-8-亚甲基双环[7.2.0]十一碳-3-烯(8.85%)、十五烷(2.61%)、二氢猕猴桃内酯(2.92%)、反-橙花叔醇(6.58%)、2-甲基十五烷(3.27%)、十六烷(3.00%)、2-甲基十六烷(2.23%)、花椒素(6.47%)、肉豆蔻醛(2.76%)、十七烷(5.12%)、2,6,10,14-四甲基十五烷(2.37%)、邻苯二甲酸二异丁酯(4.28%)。

野山椒粉鉴定出 50 种成分,占总挥发性成分的 72.81%,其中烯烃类 5 种(8.44%),烷烃类 15 种(23.56%),酯类 22 种(33.60%),醛类 2 种(5.19%),酮类 3 种(1.28%),酸类 1 种(0.17%),醇类 1 种(0.46%),其它类 1 种(0.11%)。其中主要挥发性成分有(相对质量分数>2%):2-甲基丁酸己酯(8.08%)、3-甲基丁酸己酯(6.66%)、己酸己酯(8.95%)、1,1-二甲基-2-壬基环丙烷(3.30%)、2-甲基十四烷(3.43%)、顺(-)-2,4a,5,6,9a-六氢-3,5,5,9-四甲基-1H-苯并环庚烯(3.01%)、1R,3Z,9s-4,11,11-三甲基-8-亚甲基双环[7.2.0]十一碳-3-烯(3.05%)、2-甲基十五烷(2.14%)、十六烷(2.65%)、2-甲基十六烷(2.98%)、阿道克醛(4.47%)、十七烷(4.61%)、癸酸己酯(2.22%)。

表 5 4 种焦盐辣椒粉挥发性成分的 GC-MS 分析结果

Tab. 5 Analytical results of GC-MS for volatile components from 4 salty baked capsicum cultivars

序号	保留时间/ min	化合物名称	相对质量分数/%			
			灯笼椒	红干椒	越野椒	野山椒
1	11.508	苯乙醛	1.67	—	—	—
2	13.008	2-甲基丁酸-3-甲基丁酯	—	—	—	0.40
3	13.225	3-甲基丁酸-3-甲基丁酯	—	—	—	0.32

续表 5

序号	保留时间/ min	化合物名称	相对质量分数/%			
			灯笼椒	红干椒	越野椒	野山椒
4	13.375	2-甲基丙酸己酯	—	—	—	1.21
5	14.125	2-甲基丁酸戊酯	—	—	—	0.24
6	14.350	3-甲基丁酸戊酯	—	—	—	0.39
7	14.700	丁酸己酯	—	—	—	0.31
8	15.972	2-甲基丁酸己酯	—	0.74	0.59	8.08
9	16.164	3-甲基丁酸己酯	—	0.51	0.63	6.66
10	16.433	己酸-3-甲基丁酯	—	—	—	0.42
11	17.500	戊酸己酯	—	—	—	0.94
12	18.942	2-甲基丁酸庚酯	—	—	—	0.20
13	19.108	1-(己基氧)-4-甲基己烷	—	—	—	0.09
14	19.221	己酸己酯	2.12	0.92	1.24	8.95
15	20.568	2-甲基十三烷	2.07	2.46	2.19	0.73
16	20.792	衣兰烯	—	0.41	—	—
17	21.300	β -榄香烯	—	0.15	—	—
18	21.540	十四烷	1.13	0.48	0.60	0.32
19	21.783	乙酸-5-甲基-2-异丙基己酯	—	—	—	0.52
20	22.125	α -紫罗兰酮	—	0.35	—	—
21	22.433	3,4-二氢- α -紫罗兰酮	—	0.13	—	—
22	22.700	1,1-二甲基-2-壬基环丙烷	2.20	2.91	2.06	3.30
23	22.945	(4aS-顺)-2,4a,5,6,7,8,9,9a-八氢-3,5,5-三 甲基-9-亚甲基-1H-苯并环庚烯	—	0.23	0.69	0.78
24	23.175	2-甲基十四烷	—	6.40	—	3.43
25	23.342	3-甲基十四烷	—	0.60	—	—
26	23.581	β -紫罗兰酮	1.08	1.94	1.79	0.45
27	23.660	顺-(-)-2,4a,5,6,9a-六氢-3,5,5,9-四 甲基-1H-苯并环庚烯	2.12	1.55	4.93	3.01
28	23.758	1R,3Z,9s-4,11,11-三甲基-8-亚 甲基双环[7.2.0]十一碳-3-烯	8.08	34.37	8.85	3.05
29	23.950	佛术烯	—	0.57	—	—
30	24.090	十五烷	2.30	2.21	2.61	0.93
31	24.179	(+)- α -长叶蒎烯	—	—	0.54	0.14
32	24.350	γ -衣兰油烯	—	1.14	—	—
33	24.869	二氢猕猴桃内酯	1.82	2.37	2.92	0.19
34	25.000	N-环己烷-N-氧-1-丙烯-3-亚胺	—	—	—	0.11
35	25.083	(3E)-3-十四烯	—	0.48	—	—

续表 5

序号	保留时间/ min	化合物名称	相对质量分数/%			
			灯笼椒	红干椒	越野椒	野山椒
36	25.200	2,6,11-三甲基十二烷	1.62	—	—	—
37	25.575	反-橙花叔醇	—	—	6.58	—
38	25.633	2-甲基十五烷	3.38	3.44	3.27	2.14
39	25.800	3-甲基十五烷	—	0.36	—	0.36
40	26.236	1-(4-溴丁基)-2-哌啶酮	—	0.87	1.20	0.57
41	26.506	十六烷	2.79	2.25	3.00	2.65
42	26.658	壬酸己酯	—	—	—	0.50
43	26.671	癸酸-3-甲基丁酯	—	0.54	0.86	—
44	27.279	十三烷内酯	—	—	0.84	0.60
45	27.525	2-甲基- <i>Z</i> -7-十六烯	—	—	—	1.46
46	27.583	5-丙基十三烷	—	—	1.60	—
47	27.742	14-甲基十三烷内酯	—	—	—	0.16
48	27.969	2-甲基十六烷	1.46	1.79	2.23	2.98
49	28.108	花椒素	—	—	6.47	—
50	28.313	肉豆蔻醛	—	—	2.76	0.72
51	28.527	阿道克醛	2.68	1.05	1.98	4.47
52	28.802	十七烷	4.00	2.99	5.12	4.61
53	28.867	2,6,10,14-四甲基十五烷	1.86	—	2.37	—
54	28.931	癸酸己酯	1.27	0.60	0.88	2.22
55	29.150	十六醛	—	0.74	—	—
56	29.308	(1 <i>R</i> -(1 α ,3 β ,4 β))-1-异丙烯基-4-甲基-1,3-环己烷二醇-3-乙酸	—	—	—	0.17
57	29.475	8-雪松烯-13-醇	—	0.67	—	—
58	29.842	1-(己基氧)-辛烷	—	—	—	0.33
59	30.186	2-乙基-2-甲基十三醇	—	0.41	0.62	0.46
60	30.983	十八烷	1.37	0.70	1.36	0.66
61	31.104	植烷	1.21	0.56	1.34	0.43
62	31.433	乙酸-顺-11-十四烯酯	—	—	—	0.31
63	31.692	十五烷内酯	—	—	—	0.16
64	31.833	植酮	—	—	—	0.36
65	32.209	邻苯二甲酸二异丁酯	1.45	1.33	4.28	0.28
66	32.461	乙酸十三酯	1.47	0.80	—	0.54
67	33.064	二十烷	—	0.23	0.75	0.60
68	33.183	邻苯二甲酸二丁酯	—	0.57	—	—
69	33.558	棕榈酸甲酯	—	—	0.50	—

注:对于相同的物质,保留时间取各个保留时间的平均值;"—"表示未检测出。

3 结 语

阈值和相对质量分数共同影响焦盐辣椒粉的香气构成。一般来说,物质阈值越低,相对质量分数越高,其对香气的贡献就越大。饱和烷烃香气阈值较高,赋予产品的香气作用较小,辣椒粉的香气主要由烯烃类、酯类和其它类物质构成。主要酯类物质中,己酸己酯具有生青水果香气和新鲜的青香香气,2-甲基丁酸己酯具有强烈的水果青香香气和持久的黑胡椒似香味,3-甲基丁酸己酯具有水果香气以及未成熟水果样香韵,二氢猕猴桃内酯具有柔和的木香和果香香韵,癸酸己酯有果香和酒香香气、梨和白兰地似的香韵,邻苯二甲酸二异丁酯是一种增塑剂,对香气贡献很小,其可能是辣椒在包装、储运过程中产生的;主要烯烃类物质中,顺-(*-*)-2,4a,5,6,9a-六氢-3,5,5,9-四甲基-1H-苯并环庚烯和 1*R*,3*Z*,9*S*-4,11,11-三甲基-8-亚甲基双环^[7,2,0]十一碳-3-烯香气特征尚不明确,但其分子式都是为 C₁₅H₂₄ 的倍半萜烯,而且结构都比较相似,所以推测它们具有比较类似的香气特征,倍半萜烯广泛分布于植物精油中,多具有较强烈的木香、脂香、果

香、花香等香气;其它含量较高的物质中,花椒素具有纯正的花椒香气,阿道克醛有强烈而新鲜的花香、玫瑰香气、海洋气息,肉豆蔻醛有温柔的油脂气息,略带柑橘和鸢尾样的香气,反-橙花叔醇有甜美、清新、持久的橙花香气,并带有玫瑰、铃兰和苹果花的气息。此外,还有一些相对含量较低但对辣椒香气贡献较大的物质,如 α -紫罗兰酮有紫罗兰花的花香,还有木香气息,并伴有果香香韵, β -紫罗兰酮有紫罗兰花的花香,但木香香韵更突出^[14-15]。

综上所述:4种焦盐辣椒粉中,灯笼椒中被检出的挥发性成分最少,特征香气不够突出,香气组成较简单,香气较淡,以木香、果香、花香为主;红干椒香气成分较复杂,但 1*R*,3*Z*,9*S*-4,11,11-三甲基-8-亚甲基双环^[7,2,0]十一碳-3-烯含量很高,所以其香气特征以烯烃类物质所表现出来的木香和花香为主;花椒素、反-橙花叔醇、肉豆蔻醛为越野椒特有的香气成分,而且含量高,所以越野椒有突出的黑胡椒香气以及甜美的橙花香气;野山椒香气组成以酯类物质为主,其中己酸己酯、2-甲基丁酸己酯、3-甲基丁酸己酯含量高、对香气贡献大,它们是辣椒香气特征“青”和“刺激”气味的主要贡献物质,所以野山椒的香气特征主要以生青、刺激为主。

参考文献(References):

- [1] Koziel J A, Pawliszyn J. Air sampling and analysis of volatile organic compounds with solid phase microextraction [J]. *Journal of the air and Waste Management Association*, 2001, 51: 173-184.
- [2] 周晓媛,邓靖,李福枝. 发酵辣椒挥发性成分分析及复合香味剂调配[J]. *中国食品学报*, 2007, 7(3): 138-143. ZHOU Xiao-yuan, DENG Jing, LI Fu-zhi. Analysis of the volatile components in fermented chili and preparation of compound aroma agent [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2007, 7(3): 138-143. (in Chinese)
- [3] 周晓媛,邓靖,李福枝,等. 发酵辣椒的挥发性风味成分分析[J]. *食品与生物技术学报*, 2007, 26(1): 54-59. ZHOU Xiao-yuan, DENG jing, LI Fu-zhi, et al. Studies on the volatile components in fermented chili products [J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2007, 26(1): 54-59. (in Chinese)
- [4] Arthur G, Eric R, Eric K, et al. Volatile compounds and capsaicinoid content of fresh hot peppers (*Capsicum Chinense*) scotch bonnet variety at red stage[J]. *Adv J Food Sci Technol*, 2011, 3(3): 211-218.
- [5] M M Mazida, M M Salleh, H Osman. Analysis of volatile aroma compounds of fresh chilli (*Capsicum annum*) during stages of maturity using solid phase micro-extraction (SPME) [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2005, 18(5): 427-437.
- [6] 朱晓兰,刘百战,宗若雯,等. 辣椒油化学成分的气相色谱-质谱分析[J]. *分析测试学报*, 2003, 22(1): 67-70. ZHU Xiao-lan, LIU Bai-zhan, SONG Ruo-wen, et al. Analysis of chemical constituents of capsicol by GC-MS [J]. *Journal of Instrumental Analysis*, 2003, 22(1): 67-70. (in Chinese)
- [7] 张恩让,任媛媛,胡华群,等. 6个品种辣椒干的挥发性成分比较研究[J]. *种子*, 2009, 28(10): 88-90. ZHANG En-rang, REN Yuan-yuan, HU Hua-qun, et al. Comparative studies on volatile compounds of six hotter pepper

- cultivars [J]. **Seed**, 2009, 28(10): 88—90. (in Chinese)
- [8] Jorge P, Marilú G, Liena C, et al. Characterization of total capsaicinoids, colour and volatile compounds of Habanero chilli pepper (*Capsicum chinense* Jack.) cultivars grown in Yucatan [J]. **Food Chemistry**, 2007, 104(4): 1682—1686.
- [9] 曹雁平, 张东. 固相微萃取-气相色谱质谱联用分析辣椒油树脂挥发性成分[J]. **食品工业科技**, 2011, 32(1): 108—111.
- CAO Yan-ping, ZHANG Dong. Analysis of volatile compounds in oleoresin obtained from wind-dried and baked chilli (*Capsicum annuum* L) using solid-phase micro-extraction coupled with gas chromatography-mass [J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2011, 32(1): 108—111. (in Chinese)
- [10] 李达, 王知松, 丁筑红, 等. 固相微萃取-气-质联用法对干椒烘焙前后风味化合物的分析评价[J]. **食品科学**, 2009, 30(16): 269—271.
- LI Da, WANG Zhi-song, DING Zhu-hong, et al. SPME-GC-MS analysis of flavor components in dried capsicum before and after baking [J]. **Food Science**, 2009, 30(16): 269—271. (in Chinese)
- [11] Stanislaw B J, Arlete de M T, Cláudia A Z, et al. Optimization of the extraction conditions of the volatile compounds from chili peppers by headspace solid phase micro-extraction [J]. **J. Chromatography A**, 2011, 1218(21): 3345—3350.
- [12] YANG Yong-juan, DING Zhu-hong. Clustering analysis of volatile aroma compounds in dried chilli (*Capsicum annuum* L.) [J]. **Food Science**, 2010, 31(4): 187—189.
- [13] Stanislaw B J, Arlete de M T, Cláudia A Z, et al. Optimization of the extraction conditions of the volatile compounds from chili peppers by headspace solid phase micro-extraction [J]. **J. Chromatography A**, 2011, 1218(21): 3345—3350.
- [14] 谢建平. 烟草香原料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [15] 刘树文. 合成香料技术手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2009.

科技信息

上海开发出地沟油检测新技术:利用太赫兹技术识别

利用电磁波,一秒钟“振”出地沟油,这项新技术是上海理工大学庄松林院士领导的上海市现代光学系统重点实验室下属的朱亦鸣教授科研团队研发的,该项技术通过先进的太赫兹电磁波技术来辨别地沟油。

所谓太赫兹就是频率介于手机微波和红外光波段之间的电磁波,被誉为“改变未来世界的10种技术之一”,目前正逐步应用于DNA检测、毒品检测、违禁药品检测、无损探伤等领域。

油脂是一种有机物,主要化学成分为碳、氢、氧、氮四种物质,组成了大分子有机基团,在非绝对零度下会进行振动。而地沟油的检测技术就是利用太赫兹电磁波与这些大分子基团的共振反应,只要两者频率一样,电磁波的能量就会转移到大分子基团上,“就像人在荡秋千一样,当推的频率和秋千荡的频率一样时,就可以让秋千越荡越高,振幅相同的能量会被吸收”。因每种油脂的大分子基团振动频率不同,分别试验后就能形成一个大型数据库。

朱亦鸣教授表示,地沟油由于多次使用,主要由动物脂肪酸、过氧化物等组成,而初榨油主要是植物脂肪酸,三者的大分子基团是不同的,振动频率也是不同的。只要把每次检测出的油品的共振吸收峰和数据库对比,就能有效地判断出油脂内含有哪一种成分,从而判断出油的种类。

[信息来源] 新华网. 上海开发出地沟油检测新技术:利用太赫兹技术识别[EB/OL]. (2012-7-26). <http://www.foodmate.net/news/keji/2012/07/210809.html>.