

基于感官和气相色谱-离子迁移谱分析油温对辣椒油风味的影响

杨 慧¹, 黄绿红¹, 张 帆², 文字娟³, 张 群¹, 于美娟^{1*}

(¹湖南省农业科学院农产品加工研究所 长沙 410125

²湖南省农业科学院茶叶研究所 长沙 410125

³湖南农业大学食品科学技术学院 长沙 410125)

摘要 采用感官评价及气相色谱-离子迁移谱 (GC-IMS) 分析不同油温制备的辣椒油的风味特征及挥发性有机化合物 (VOCs)。感官评价结果表明,不同油温(120,140,160,180,200 °C)制备的辣椒油香气差异显著($P<0.05$),色泽及滋味差异不显著。GC-IMS 分析结果表明,共鉴定出辣椒油中的 VOCs 45 种,主要有醛类、酮类及萜烯类,油温对辣椒油中 VOCs 的种类没有影响。随着油温的升高,醛类(己醛、戊醛、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛)、萜烯类(月桂烯、柠檬烯、 α -蒎烯)、(E)-2-己烯醇、1,8-桉树脑、乙酸、丙酸、1-辛烯-3-酮呈现下降趋势,在 180、200 °C 油温制备的辣椒油中,醛类(壬醛、辛醛、庚二烯醛、E-2-辛烯醛、E-2-庚烯醛、丙醛、糠醛、5-甲基糠醛)、乙酸苯乙酯、二甲基二硫、异丁酸的含量较高。相似度及 PCA 分析结果显示,不同油温的辣椒油香气特异性明显。

关键词 辣椒油; 感官评价; 气相色谱-离子迁移谱 (GC-IMS); 挥发性有机化合物 (VOCs)

文章编号 1009-7848(2021)09-0328-08 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2021.09.036

辣椒油俗称红油,主要是由植物油脂和干辣椒制成的,是具有特殊工艺的食用油脂^[1]。辣椒油作为中国传统风味的一种调味油,具有色泽红亮、香味浓郁、辣味适口、回味厚重的特点,多用于加工麻辣休闲食品及烹饪菜肴,深受广大消费者的喜爱。

直接法制备辣椒油是生产生活中最常用的方法,其工艺简单,产品风味多样,然而,产品风味受浸制条件(尤其是油温)的影响较大^[2]。目前对辣椒油加工工艺与风味成分的研究已有部分报道,如张雪春等^[3]以感官评分为响应值,通过响应面法优化棕榈油基风味辣椒油的工艺,所得产品色泽亮红、光亮,辣香味浓郁、香纯;季德胜等^[4]对不同条件煎制的北京红辣椒油进行感官评价,并结合顶空-固相微萃取技术研究其风味物质组成,结果表明:不同煎制程度显著影响辣椒油所含风味化

合物的种类和峰面积比,尤其是酮类、呋喃类、萜烯类及烯醛类等化合物的峰面积比;何小龙等^[5]利用电子舌对不同时段制成的辣椒油进行主成分分析,不同时段辣椒油互不重叠地落在各自区域内,可很好地区分。然而,不同油温浸提对辣椒油风味物质的影响鲜见研究报道。

气相色谱-离子迁移谱联用 (Gas-Chromatography Ion-Mobility Spectrometry, GC-IMS) 是目前国际上比较先进的挥发性有机化合物 (volatile organic compounds, VOCs) 检测技术之一^[6], GC-IMS 先利用气相色谱对样品进行预分离,然后通过离子迁移谱 (Ion-Mobility Spectrometry, IMS) 检测器进行挥发性组分的分析。该方法具有简单、速度快、灵敏高的优点,目前已成功应用于品质检测、食品风味分析等多个生命化学领域^[7-8]。

本研究以干辣椒为原料,采用直接法制备辣椒油,通过感官评价及 GC-IMS 分析不同油温制备的辣椒油的风味特征及挥发性化合物,用化学计量法处理数据后进行聚类分析,旨在为辣椒油风味特性及产品工艺改进提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

朝天椒,四川友嘉食品有限公司;干辣椒,上

收稿日期: 2020-09-05

基金项目: 湖南省农业科技创新资金项目(2019JG01);湖南省创新型省份建设专项经费(2019SK2121);湖南省现代农业产业技术水产产业体系岗位经费(湘农发[2019]105号);农业科技创新资金项目(2018QN29)

作者简介: 杨慧(1984—),女,硕士,助理研究员

通信作者: 于美娟 E-mail: 82923686@qq.com

海新闽融食品有限公司;孜然,锦江麦德龙现购自运有限公司;胡椒、花椒,购于麦德龙超市;金健纯香菜籽油,金健植物油有限公司;食盐,湖南省湘澧盐化有限责任公司。

1.2 仪器与设备

FlavourSpec 1H1-00089 型气相色谱离子迁移谱,德国 G.A.S.公司;PAL3 自动进样器,瑞士 CTCAnalytics AG 公司;FS-SE-54-CB-1 毛细管柱(15 m×0.53 mm,1.0 μm),德国 CS Chromatographie Service GmbH 公司;小型粉碎机,永康市铂欧五金制品有限公司;可控温电炉,彭州鑫益电炉加工厂;天平,上海卓精电子科技有限公司;温度计(0~250 ℃),深圳市拓尔为电子科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 辣椒油样品的制备 辣椒油的制备参考李昌文^[9]、董道顺等^[10]并稍作修改。干辣椒(香辛料)→粉碎(颗粒 0.5~1 mm)→加入 2%(以辣椒香辛料粉末质量计)食盐→混合均匀,备用。菜籽油→熬制到不同的温度(120,140,160,180,200 ℃)→加到预先备好的辣椒(香辛料)粉末→迅速搅拌 1 min→自然降温浸提 12 h,备用。其中,干辣椒香辛料粉末配比: $m_{\text{辣椒}}:m_{\text{孜然}}:m_{\text{胡椒}}:m_{\text{花椒}}=4:4:2:1$,植物油与干辣椒香辛料粉末(加入食盐后的质量)比例为 4:1。样品编号 L1、L2、L3、L4、L5,分别对应的制备油温为 120,140,160,180,200 ℃。对每个样品取上清油液 3 份,取原料菜籽油及香辛料混合物各 3 份作为参照样,编号分别为 L0、L6,用于 GC-IMS 检测。剩余辣椒油样品用于感官评价。

1.3.2 感官评价方法 本感官评价邀请 10 名长期从事食品研究、有丰富感官评定经验的人员组成感官评估小组,满足 GB/T 16291.1-2012《感官分析选拔、培训与管理评价员一般导则》。评价前对小组成员进行感官评价指标和注意事项的培训。为获取比较真实的评价,感官评价在通风良好、采光充足的房间内单独进行。辣椒油样品分别放在封闭的培养皿中以保持香味,随机顺序提供给小组成员。对每个样品进行 4 次品评,根据评分标准打分。不同样品评价时要求评定人员用纯净水漱口。评分采用 100 分制,评定项目包括色泽、滋味、香气,辣椒油感官评价标准见表 1。

1.3.3 GC-IMS 测定条件

表 1 辣椒油感官评价标准

项目	特征	分值
色泽(30 分)	色泽亮红,光亮	≥27.0
	色泽比较红亮,稍暗淡,无杂色	19.0~26.0
	色泽暗淡,有褐变	≤18.0
香气(40 分)	辣香味浓郁,香纯,无糊味,无青味	≥36.0
	有辣香味,略带糊味或青味	25.0~35.0
	辣香味不足,夹杂糊味或青味	≤24.0
滋味(30 分)	辣味适中,麻味适口	≥27.0
	辣味较小或过大,麻感不适	19.0~26.0
	麻辣味不足,有苦味	≤18.0

1.3.3.1 自动进样条件 顶空孵化温度:80 ℃;孵化时间:10 min;孵化转速:500 r/min;加热方式:振荡加热;进样方式:顶空进样;顶空进样针温度:85 ℃;进样量:100 μL,不分流模式;清洗时间:0.5 min。

1.3.3.2 GC 条件 色谱柱:FS-SE-54-CB-1 毛细管柱(15 m×0.53 mm,1.0 μm);色谱柱温度:60 ℃;载气:高纯氮气(纯度≥99.999%);运行时间:30 min;流速:初始 2.0 mL/min,保持 2 min,在 8 min 内线性增至 20 mL/min,在 10 min 内线性增至 100 mL/min,最后 10 min 线性增至 150 mL/min。

1.3.3.3 IMS 条件 漂移管长度 9.8 cm,管内线性电压 500 V/cm,漂移管温度 45 ℃,漂移气为 N_2 (纯度≥99.999%),漂移气流速 150 mL/min。

1.4 数据处理

感官评定数据采用 SPSS 17 软件统计分析,使用方差分析(analysis of variance,ANOVA)法分析显著性,显著性差异水平为 $P<0.05$ 。

GC-IMS 数据采用设备自带 Laboratory Analytical Viewer(LAV)分析软件及 GC×IMS Library Search 定性软件对辣椒油中的 VOCs 进行采集和分析。LAV 中的 Reporter 插件和 Gallery Plot 插件构建 VOCs 的差异图谱和指纹图谱,用 powerpoint2010 进行图片编辑,用 Dynamic PCA 插件进行主成分分析(principal component analysis,PCA)。

2 结果与分析

2.1 感官评价

冯勇^[1]研究表明菜籽油在辣椒油制作过程中所起作用比调和油的效果佳,菜籽油相比调和油提色、增香效果更为明显。本研究辣椒油的制作选用菜籽油为原料。由表2感官评定值可知,不同油温制备的辣椒油样品间色泽的差异不显著,辣椒油的色泽生成是利用植物油为溶剂对辣椒中的辣椒色素的浸提过程,成品油的色泽除与辣椒本身

的辣椒素含量有关外,还与浸提温度有关,辣椒色素的浸提温度在120~180℃间较理想^[12],这与本研究结果基本一致。不同油温制备的辣椒油滋味差异不明显,麻辣味均适口;而油温对辣椒油香气的影响很明显,L4、L5的香气最佳,辣香味浓郁,略带焦香,L2、L3次之,辣香味相对平淡,L1分值最低,有生青味;在一定油温的作用下,辣椒油香气的类别与浓度随油温而变化,与美拉德反应和斯特累克降解反应有关^[13]。

表2 辣椒油感官评定

Table 2 Sensory evaluation of chilli oil

样品	油温/℃	色泽	香气	滋味
L1	120	28.33 ± 0.46	27.33 ± 1.18 ^a	28.13 ± 0.47
L2	140	28.38 ± 0.37	32.27 ± 0.68 ^b	28.24 ± 0.41
L3	160	28.26 ± 0.66	32.81 ± 1.06 ^b	28.20 ± 0.64
L4	180	28.73 ± 0.52	37.86 ± 0.95 ^c	28.53 ± 0.27
L5	200	28.58 ± 0.66	37.11 ± 1.24 ^c	28.21 ± 0.26

注:同列肩注小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

2.2 辣椒油中 VOCs 来源分析

为了探明辣椒油中香气的变化,采用GC-IMS技术分析样品L0~L6的挥发性化合物。图1是菜籽油(L0)、辣椒油(L1、L2、L3、L4、L5)和香辛料混合物(L6)7个样品的三维GC-IMS谱图,图2是将图1的三维GC-IMS谱图投影到二维平面上生成的图。由图1、图2可知,菜籽油、辣椒油与香辛料混合物具有不同GC-IMS的特征谱信息,存在明显的差异性,辣椒油及香辛料混合物中的VOCs明显多于菜籽油,也含有一些共性的VOCs。为分析辣椒油VOCs的来源,比较菜籽油、辣椒油与香辛料混合物VOCs的离子峰图库。由图3橙色框标识部分可知辣椒油L1~L5含有的VOCs的种类一致,仅浓度有差别。辣椒油中部分的VOCs在菜籽油和辣椒油中同时存在,如图3红框标识部分。大部分辣椒油中的VOCs在香辛料中也被检测出来,其中部分物质在香辛料中含量较高,在辣椒油中含量较低,可能是因为辣椒油在加工过程中香辛料的香气成分被菜籽油稀释或香气成分并未完全融入菜籽油中等原因造成的。图3中绿框中所示VOCs在辣椒油中含量较高,而在原料中含量很低或不存在,这些VOCs可能与辣椒油加工过程中发生的美拉德、Strecker降解以及酯化反应

有关。此外,还有部分成分仅在菜籽油或香辛料中可检测到。如图3中蓝色框所示,这些成分可能在加工过程易降解,或参与美拉德或酯化反应等转变成其它物质。以上说明不同油温制备的辣椒油样品中所含VOCs的种类一致,这些VOCs均来源于原料,并在热油浸提过程产生新的VOCs。

2.3 辣椒油挥发性有机物定性分析

从图4可以看出,辣椒油挥发性组分可以通过GC-IMS技术很好地分离。反应离子峰(reaction ion peak, RIP)右侧的每个点代表一种挥发性有机物。颜色深浅代表该物质的浓度,白色表示浓度较低,红色表示浓度较高,颜色越深含量越高。通过内置的NIST 2014气相保留指数数据库与G.A.S.的IMS迁移时间数据库二维定性,共鉴定出挥发性气味物质45种(包含单体及二聚体),其中醛类16种、醇类9种、酮类7种、萜烯类6种、酸类3种、酯类1种、其它3种,挥发性有机物信息见表3。醛类化合物来源于不饱和脂肪酸的氧化、美拉德反应以及Strecker降解,醛类物质阈值较低,对风味的贡献较大,主要为辣椒油贡献甜香、脂香、辛辣味、木香、果香、焦香等风味。醇类中饱和醇类阈值较高,对辣椒油气味贡献率不大;不饱和醇类阈值低,主要来自脂肪的氧化^[14],对辣椒

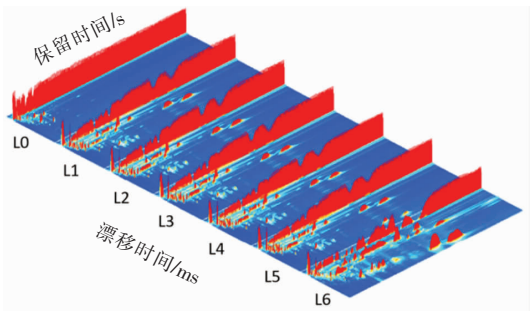


图 1 菜籽油 (L0)、辣椒油 (L1、L2、L3、L4、L5)、香辛料粉末 (L6) 三维 GC-IMS 谱图

Fig.1 Three-dimensional GC-IMS images of rapeseed oil(L0), chilli oil- (L1,L2,L3,L4,L5) and spice mixture(L6)

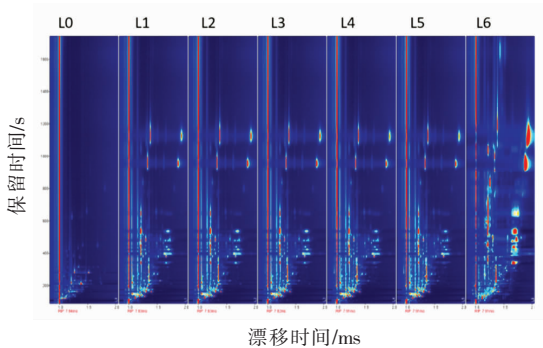


图 2 菜籽油 (L0)、辣椒油 (L1、L2、L3、L4、L5)、香辛料粉末 (L6) GC-IMS 谱图

Fig.2 GC-IMS spectra of rapeseed oil (L0), chilli oil- (L1,L2,L3,L4,L5) and spice mixture (L6)

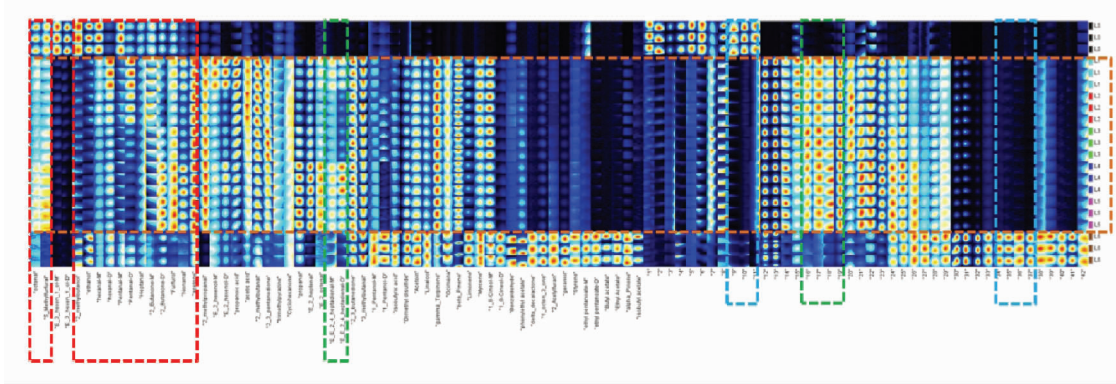


图 3 菜籽油 (L0)、辣椒油 (L1、L2、L3、L4、L5)、香辛料粉末 (L6) HS-GC-IMS 谱图中 VOCs 的图库

Fig.3 Gallery pattern of VOCs in HS-GC-IMS spectra of rapeseed oil (L0), chilli oil (L1,L2,L3,L4,L5) and spice mixture (L6)

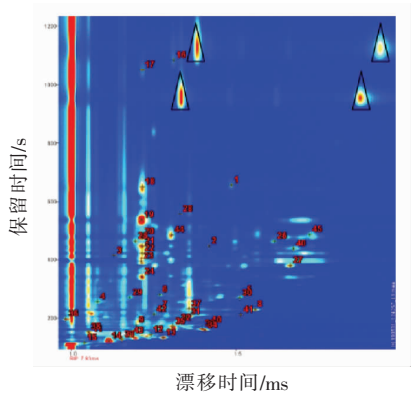


图 4 辣椒油的气相离子迁移

Fig.4 GC-IMS topographic plots of chilli oil

油气味贡献率较大,主要形成了青香、玫瑰花香、果香、辛香、甜香、蜜香等香气。萜烯类为不饱和

烃,大多具有宜人的香气,阈值较低,赋香作用较大^[15]。酮类是脂肪氧化的另一产物,酸类物质主要来自脂肪的水解以及氧化过程中产生的小分子脂肪酸,酯类主要来源于醇类和酸类化合物物质之间发生的酯化反应^[16]。这几类物质阈值较高,OAV较小,大部分能产生令人愉快的香味,也是构成辣椒油风味的重要补充部分。部分物质被分离出来,其含量也较高,然而,由于数据库还不够完善,因此未能被定性,如图 4 中的“Δ”标识区域。

2.4 油温对辣椒油 VOCs 含量的影响

为进一步分析不同油温对辣椒油风味的影响,仅保留辣椒油中已被定性的 45 个 VOCs 的离子峰进行排列,见图 5。己醛、戊醛、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、(E)-2-己烯醇、萜烯类(月桂烯、柠

表3 GC-IMS 鉴定辣椒油中挥发性风味化合物结果

表3 Analytical results for GC-IMS identification of volatile flavor compounds in chilli oil

标记 编号	化合物	CAS 编号	保留指数	保留时间/s	迁移时间/ms	风味描述	备注
1	壬醛	C124196	1 107	654.968	1.4878	脂香、甜香	
2	辛醛	C124130	1 005.5	446.029	1.4194	甜香、脂香、辛辣味	
3	5-甲基糠醛	C620020	985.5	413.346	1.1317	略带焦糖香、辛辣味、甜香	
4	糠醛	C98011	831	256.07	1.0818	甜香	
5	(E)-3-己烯-1-醇	C928972	862.5	279.53	1.5261	青香	二聚体
6	(E)-3-己烯-1-醇	C928972	863.8	280.508	1.2703		单体
7	己醛	C66251	792.5	230.166	1.2703	青草、酸败味	单体
8	己醛	C66251	791.7	229.677	1.559		二聚体
9	戊醛	C110623	694.6	175.931	1.1991	青草、酸败味	单体
10	戊醛	C110623	694.1	175.748	1.4206		二聚体
11	2-丁酮	C78933	590.8	143.56	1.0589	酸奶香	单体
12	2-丁酮	C78933	587.2	142.646	1.2427		二聚体
13	2-甲基丙醛	C78842	551	133.319	1.2804	麦芽香、辛辣味	
14	丙酮	C67641	502.6	120.883	1.116	奶香	
15	乙醇	C64175	480.6	115.213	1.0415	干菜香	
16	乙酸苯乙酯	C103457	1 302	1082.77	1.3126	甜香、玫瑰花香	
17	香叶醇	C106241	1 287.5	1051	1.2172	玫瑰花香、果香	
18	芳樟醇	C78706	1 104.4	649.184	1.2172	辛香、甜香、蜜香	
19	γ -松油烯	C99854	1 052.4	536.56	1.2146	木香、柠檬香	
20	柠檬烯	C138863	1 024	479.769	1.2158	柑橘香、药草香	
21	罗勒烯	C3338554	1 005.2	445.528	1.217	辛辣味	
22	月桂烯	C123353	991.1	422.143	1.2158	辛辣香、胡椒味	
23	β -蒎烯	C127913	973.3	395.418	1.2133	木香	
24	α -蒎烯	C80568	929.6	341.133	1.2158	新鲜樟脑、木香	
25	庚二烯醛	C4313035	1 015.5	463.901	1.1959	脂香、青香	二聚体
26	庚二烯醛	C4313035	1015	463.066	1.6185		单体
27	(E)-2-庚烯醛	C18829555	962.4	380.386	1.6682	脂香、果香	
28	(E)-2-辛烯醛	C2548870	1 061.9	556.604	1.3326	脂香、果香	
29	(E)-2-己烯醇	C928950	850.9	270.541	1.1794	果香	单体
30	(E)-2-己烯醇	C928950	849.3	269.349	1.5137		二聚体
31	丙酸	C79094	751.4	204.914	1.356	酸臭味	
32	3-羟基-2-丁酮	C513860	710.9	183.287	1.3274	甜味、脂肪味	
33	2-甲基丁醛	C96173	661.6	163.529	1.4003	干果味、奶酪味	
34	3-甲基丁醛	C590863	645.5	158.456	1.4081	干果味、奶酪味	
35	2,3-戊二酮	C600146	683.8	171.539	1.3092	杏仁香、辛辣香、麦芽香	
36	二甲基二硫	C624920	736.7	196.529	0.9846	洋葱香	
37	异丁酸	C79312	794.3	231.303	1.3587	酸败味、干酪味	
38	乙酸	C64197	628	153.398	1.0535	尖刺、酸味	
39	丙醛	C123386	523.8	126.33	1.155	青草、咖啡味	
40	1-辛烯-3-酮	C4312996	1 000.4	437.36	1.6772	蘑菇香	
41	1-戊醇	C71410	761.9	211.093	1.5171	油气味	二聚体
42	1-戊醇	C71410	765.4	213.224	1.2531		单体
43	2,3-丁二酮	C431038	574.2	139.304	1.1834	奶油味	
44	1,8-桉树脑	C470826	1 026.9	485.365	1.3067	樟脑样香气、清凉味	单体
45	1,8-桉树脑	C470826	1 027.3	486.118	1.7264		二聚体

柠檬烯、 α -蒎烯)、1,8-桉树脑、乙酸、丙酸、1-辛烯-3-酮在 L1 到 L5 中呈降低的趋势,如图 5 红框区域,表明以上 VOCs 随油温的升高在辣椒油中的浓度降低。己醛是亚油酸氧化的基本产物,散发令人作呕的酸败气味^[17]。戊醛、乙酸和丙酸呈酸味或酸败味,这些不愉快的气味浓度的降低有利于辣椒油风味的提升。支链醛 2-甲基丁醛和 3-甲基丁醛具有干果味、奶酪味,分别来源于亮氨酸、异亮氨酸的 Strecker 降解^[18-19]。萜烯类物质主要来源于香辛料,花椒的柠檬烯含量较高,部分品种柠檬烯的含量高达 50%^[20]。有研究表明花椒油中月桂烯、柠檬烯含量较高,且当浸提温度在 85 °C 以上,柠檬烯随温度的上升得率下降^[21]。本研究辣椒油制作原料中含有花椒,浸提温度在 120 °C 以上,柠檬烯随油温的变化也呈现下降趋势。萜烯类物质的热稳定性差^[22],是导致萜烯类物质含量随油温升高而下降的原因。以萜烯类含量较高的香辛料作为配料的风味辣椒油,或可以根据油温分步浸提的工艺来提高辣椒油的风味品质。

如图 5 绿框所示,醛类(壬醛、辛醛、庚二烯

醛、E-2-辛烯醛、E-2-庚烯醛、丙醛、糠醛、5-甲基糠醛)、乙酸苯乙酯、二甲基二硫、异丁酸在 L4、L5 中的浓度最高。其中醛类的阈值低,浓度的变化对辣椒油风味的影响大。Hall 等^[23]认为壬醛、辛醛、丙醛是 α -亚麻酸主要的次级氧化产物,壬醛有助于增加甜味和果味香气,而辛醛具有油脂味和辛辣味^[24],辛醛具有果香和脂肪香气^[25]。糠醛、5-甲基糠醛等醛类主要来自于美拉德反应,5-甲基糠醛浓度的升高有利于辣椒油焦香的形成,这与感官评定的结果是一致的。异丁酸是短链酸,常在酒类等发酵类食品中被检测到,在适当浓度时可以为酒类提供良好的水果风味,然而浓度过高时可能产生不良风味,出现类似酸败的气味^[26-27]。本研究中,人工感官评价未感知到不愉快的气味,这可能与异丁酸的浓度有关,在低浓度下或许有助于提高辣椒油风味。乙酸苯乙酯、二甲基二硫浓度增大有利于提高辣椒油甜香、花香及洋葱香。而芳樟醇、香叶醇、2-甲基丙醛、2,3-丁二酮、丙酮、3-羟基-2-丁酮在所有样品中浓度都较高,说明不同油温对辣椒油中这些 VOCs 的形成影响不大。

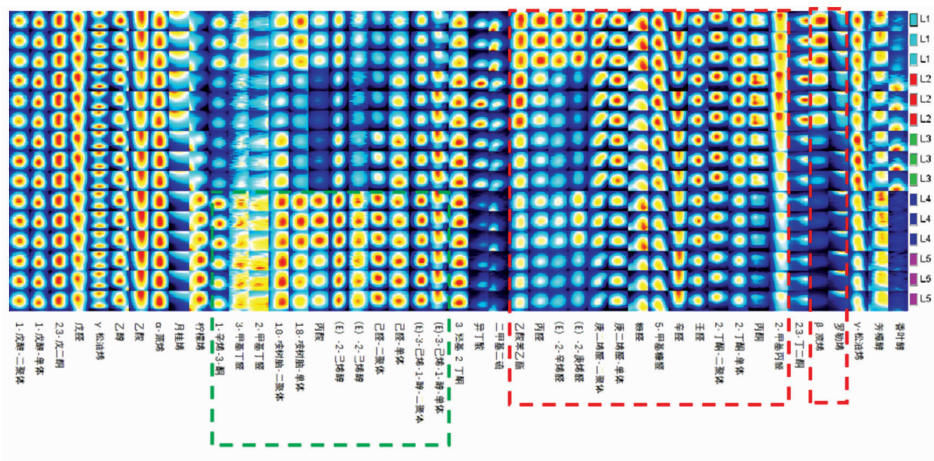


图 5 辣椒油(L1、L2、L3、L4、L5)中 GC-IMS 定性的 45 个离子迁移谱出峰的汇总图

Fig.5 Peak appearance summary of the 45 ion mobility spectra of chilli oil (L1,L2,L3,L4,L5) by GC-IMS

2.5 不同油温制备的辣椒油样品相似度分析

根据各样品的 VOCs 种类和浓度进行相似度分析(见表 4)。组内相似度均高于 97%,表明气相离子迁移谱气味测定试验的可信度及重复率极高,而 L4 与 L5 相似度高达 91%,其它组间相似度相对较低。这与离子迁移谱出峰的汇总图(图5)所反映的总体情况一致。对辣椒油样品中的 VOCs

进行动态主成分分析,将以 VOCs 种类为变量的高维数组进行维度压缩和去噪处理,所得综合变量可通过二维空间的数据位置分布观察样品间的差异性。由图 6 可见,主成分 1 和主成分 2 的总贡献率大于 80%,可表达原有变量的绝大部分信息,二维空间的数据分布差异显示组间和组内样品间的差异性,同一油温制备的样品间隔很近,集中在

表4 不同油温制备辣椒油的相似度分析
Table 4 Similarity analysis of chilli oil prepared at different oil temperatures

样品号	相似度/%				
	L1	L2	L3	L4	L5
L1	97	82	80	80	77
L2	82	97	87	74	73
L3	80	87	98	81	81
L4	80	74	81	98	91
L5	77	73	81	91	98

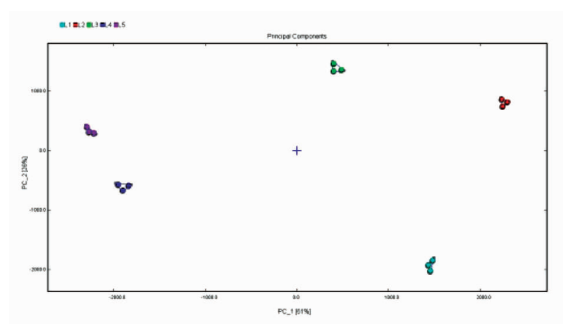


图6 不同油温制备的辣椒油 PCA 分析

Fig.6 PCA analysis of chilli oil prepared at different oil temperatures

一定的范围,而不同油温的样品间有明显的间距,这说明同一油温制备的样品重复性好,不同油温制备的样品特异性较明显。

3 结论

采用感官评价及 HS-GC-IMS 分析不同油温制备的辣椒油的风味特征及挥发性风味物质。感官结果表明,不同油温制备的辣椒油香气差异明显,滋味及色泽无明显差异。对辣椒油及原料中 VOCs 的分析结果表明,辣椒油中的 VOCs 主要来源于原料,同时在加工过程中也有新的 VOCs 形成,油温对辣椒油的 VOCs 的种类没有影响。从辣椒油样品中共鉴定出 45 中 VOCs,其中醛类 16 种、醇类 9 种、酮类 7 种、萜烯类 6 种、酸类 3 种、酯类 1 种、其它 3 种,它们为辣椒油贡献了辛香、花香、脂香、干菜香、甜香、果香、焦香等风味特征。相似度及 PCA 结果显示,不同油温的辣椒油有明显的差异性,醛类(己醛、戊醛、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛)、萜烯类(月桂烯、柠檬烯、 α -蒎烯)、(E)-

2-己烯醇、1,8-桉树脑、乙酸、丙酸、1-辛烯-3-酮随辣椒油制备油温的升高呈下降趋势,醛类(壬醛、辛醛、庚二烯醛、E-2-辛烯醛、E-2-庚烯醛、丙醛、糠醛、5-甲基糠醛)、乙酸苯乙酯、二甲基二硫、异丁酸的含量在油温 180,200 °C 制备的辣椒油中含量较高,这些 VOCs 的变化影响辣椒油整体风味形成。这些 VOCs 在不同油温下的释放规律对于开发特异香型辣椒油,以及直接法生产风味辣椒油的工艺具有一定的参考意义。

参 考 文 献

- [1] 何小龙,周晓燕,李辉,等. 辣椒油制作过程中的品质变化研究[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(11): 91-93.
- [2] 安中立,贺稚非,李洪军,等. 辣椒油加工生产的研究现状[J]. 辣椒杂志, 2006(3): 48-51.
- [3] 张雪春,项晓月,胡明明,等. 棕榈油基风味辣椒油的生产工艺优化[J]. 食品科技, 2018, 43(7): 291-297.
- [4] 季德胜,郑桂青,孙俊,等. 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用分析辣椒油中的风味物质[J]. 现代食品科技, 2017, 33(6): 282-290.
- [5] 何小龙,周晓燕,李辉,等. 辣椒油制作过程中的品质变化研究[J]. 食品研究与开发, 2014(11): 91-93.
- [6] 陈鑫郁,陈通,陆道礼,等. 气相-离子迁移质谱在植物油种类识别中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(12): 249-253.
- [7] KRISOLOVA E V, LEVINA A M, MAKARENKO V A. Determination of the volatile compounds of vegetable oils using an ion-mobility spectrometer [J]. Journal of Analytical Chemistry, 2014, 69(4): 371-376.
- [8] GARRIDO-DELGADO R, MUÑOZ-PÉREZ M E, ARCE L. Detection of adulteration in extra virgin olive oils by using UV-IMS and chemometric analysis [J]. Food Control, 2018, 85: 292-299.
- [9] 李昌文. 辣椒油的加工工艺研究[J]. 中国调味品, 2007(11): 53-54.
- [10] 董道顺,谷斌. 辣椒油制作最佳工艺条件研究[J]. 农产品加工(学刊), 2014(11): 40-42.
- [11] 冯勇. 辣椒油制作规范和运用探讨[J]. 中国调味品, 2016(3): 114-117.

- [12] 蒋立文, 王燕. 辣椒油的制作及其影响因素[J]. 中国调味品, 2004(8): 31-33.
- [13] 吴士业, 李光辉. 浸制油温对辣椒调味油色香味的影响[J]. 中国调味品, 1999(4): 25-29.
- [14] 任思婕, 胡吕霖, 沈清, 等. 不同气体比例气调包装对冷藏微波辣子鸡丁品质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(21): 252-259.
- [15] 熊学斌, 夏延斌, 张晓, 等. 不同品种辣椒粉挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. 食品工业科技, 2012, 33(16): 161-164.
- [16] MATEO J, ZUMALACABARREGUI J M. Volatile compounds in chorizo and their changes during ripening[J]. Meat Science, 1996, 44(4): 255-273.
- [17] HILL S, LAMBERSON C R, XU L, et al. Small amounts of isotope-reinforced polyunsaturated fatty acids suppress lipid autoxidation[J]. Free Radical Biology and Medicine, 2012, 53(4): S245-S246.
- [18] CARERI M, MANGIA A, BARBIERI G, et al. Sensory property relationships to chemical data of Italian - type dry - cured ham[J]. Journal of Food Science, 1993, 58(5): 968-972.
- [19] COUNET C, CALLEMIEN D, OUWERX C, et al. Use of gas chromatography-olfactometry to identify key odorant compounds in dark chocolate. Comparison of samples before and after conching[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(8): 2385-2391.
- [20] 赵志峰, 雷鸣, 雷绍荣, 等. 两种四川花椒挥发油的成分分析[J]. 中国调味品, 2004(10): 39-42.
- [21] 程小雪, 袁永俊, 胡丽丽, 等. 中温浸提法制备食用花椒调味油及其成分分析[J]. 中国酿造, 2014, 33(2): 42-46.
- [22] 刘军华. 桂花精油、浸膏在烟草风味改良中的应用研究[D]. 上海: 上海应用技术学院, 2015.
- [23] HALL C A, MANTHEY F A, LEE R E, et al. Stability of α -linolenic acid and secoisolaricicresinol diglucoside in flaxseed-fortified macaroni[J]. Journal of Food Science, 2010, 70(8): 483-489.
- [24] NUNES C, COIMBRA M A, SARAIVA J, et al. Study of the volatile components of a candied plum and estimation of their contribution to the aroma[J]. Food Chemistry, 2008, 111(4): 897-905.
- [25] SPECHT K, BALTES W. Identification of volatile flavor compounds with high aroma values from shallow-fried beef[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1994, 42(10): 2246-2253.
- [26] 王旭, 冯涛, 庄海宁. GC-MS 结合嗅辨仪鉴定不同酒龄黄酒中的关键挥发性风味物质[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 2014, 43(6): 582-588.
- [27] 尹建邦, 范文来, 徐岩. 蛇龙珠葡萄酒中挥发性有机酸风味研究[J]. 食品工业科技, 2009(12): 142-144.

Effect of Oil Temperature on the Flavor of Chilli Oil by GC-IMS and Sensory Evaluation

Yang Hui¹, Huang Lühong¹, Zhang Fan², Wen Yujuan³, Zhang Qun¹, Yu Meijuan^{1*}

⁽¹⁾Agricultural Products Processing Institute, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125

⁽²⁾Tea Research Institute, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125

⁽³⁾College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410125

Abstract Sensory evaluation and Gas-Chromatography Ion-Mobility Spectrometry (GC-IMS) were used to analyze the flavor characteristics and volatile organic compounds (VOCs) of chilli oil prepared at different oil temperatures. The sensory evaluation results revealed that the aroma of chilli oil prepared at different oil temperatures (120, 140, 160, 180, 200 °C) was significantly different, but the color and taste were not significantly different; 45 species of VOCs in chilli oil were identified by GC-IMS, mainly including aldehydes, ketones and terpenes. Oil temperature had no effect on the kinds of VOCs in chilli oil. aldehydes (hexanal, pentanal, 2-methyl butanal, 3-methyl butanal), terpenes (myrcene, limonene, alpha pinene), (*E*)-2-hexenol, 1, 8-cineol, acetic acid, propionic acid, 1-octen-3-one showed a trend of decline with the increase of oil temperature; while the contents of aldehydes (nonanal, octanal, (*E,E*)-2,4-heptadienal, (*E*)-2-octenal, (*E*)-2-heptenal, propanal, furfural, 5-methylfurfural), phenylethyl acetate, dimethyldisulfide and isobutyric acid were higher in the chilli oil prepared at 180 °C and 200 °C; The similarity and PCA analysis showed that the specificity of chilli oil was obvious at different oil temperatures.

Keywords chilli oil; sensory evaluation; gas-chromatography ion-mobility spectrometry (GC-IMS); volatile organic compounds (VOCs)