

辣椒皮与籽在辣椒油香气中的贡献研究

董殊廷, 聂加贤, 徐怀德, 李梅*

(西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 咸阳 712100)

摘要:采用高温油浸法分别提取等质量全辣椒、辣椒籽与辣椒皮中的香气成分,利用固相微萃取头对香气成分进行富集,再经气相色谱-质谱联用仪分析全辣椒油样、辣椒皮油样和辣椒籽油样中的香气成分;结合感官评价和辣椒辣素含量筛选最适油温、料液比及萃取条件。结果表明,最适浸提油温为180℃;最佳料液比为1:4;固相微萃取头对辣椒油样挥发性物质富集的最适萃取温度为40℃,最优萃取时间为10 min,解吸时间为3 min。3种油样中共有香气物质21种,含量最高的10种香气物质分别为2,3-丁二酮、1-戊烯-3-醇、戊醛、乙偶姻、2-乙基-呋喃、己醛、(E)-2-己烯醛、庚醛、2-庚烯醛、壬醛。皮样中独有香气物质为间二甲苯、苯乙醛;籽样中独有香气物质为异丁酸、2-甲基-丁酸、对二甲苯、2,5-二甲基-吡嗪。通过对籽样和皮样中主要香气物质峰面积、独有香气物质峰面积,以及所有香气物质总峰面积的比较得出,辣椒籽对油泼辣椒香气物质的贡献大于辣椒皮。

关键词:辣椒油;辣椒皮;辣椒籽;香气物质;气质联用仪

中图分类号:TS225.3

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2022.04.005

文章编号:1000-9973(2022)04-0026-06

Research on the Contribution of *Capsicum* Peels and Seeds to the Aroma of Chili Oil

DONG Shu-ting, NIE Jia-xian, XU Huai-de, LI Mei*

(College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Xianyang 712100, China)

Abstract: The aroma components in whole *Capsicum*, *Capsicum* seeds and *Capsicum* peels with equal mass are extracted by high-temperature oil immersion method. The aroma components are enriched by solid-phase microextraction head, and then analyzed by gas chromatography-mass spectrometry. The sensory evaluation and capsaicin content are combined to select the optimal oil temperature, solid-liquid ratio and extraction conditions. The results show that the optimal extraction oil temperature is 180℃, the optimal ratio of solid to liquid is 1:4, the optimal extraction temperature of solid-phase microextraction head for the enrichment of volatile substances in chili oil samples is 40℃, the optimal extraction time is 10 minutes, and the desorption time is 3 minutes. There are 21 kinds of aroma components in the three kinds of oil samples, and 10 aroma components with the highest content are 2,3-butanedione, 1-pentene-3-ol, pentanal, acetoin, 2-ethylfuran, hexaldehyde, (E)-2-hexenal, heptanal, 2-heptenal, nonal. The unique aroma components in *Capsicum* peel samples are m-xylene and phenylacetaldehyde. The unique aroma components in *Capsicum* seed samples are isobutyric acid, 2-methyl-butylpyrazine. By comparing the peak area of main aroma components, the peak area of unique aroma components and the total peak area of all aroma components in *Capsicum* seed samples and *Capsicum* peel samples, it is concluded that the contribution of *Capsicum* seeds to aroma components in chili oil is greater than that of *Capsicum* peels.

Key words: chili oil; *Capsicum* peel; *Capsicum* seed; aroma components; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

辣椒属于一年或多年生植物,具有治疗胃寒气滞、脘腹胀痛、呕吐、泻痢、风湿痛、冻疮等功效^[1]。辣椒中含有

多种香气物质,如醛类、吡嗪类、酮类、烯类、醇类等^[2-3],这些香气物质的提取可作为添加剂应用到辣味食品中^[4]。

收稿日期:2021-10-24

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金项目(2452017143)

作者简介:董殊廷(1998-),女,山西侯马人,硕士研究生,研究方向:果蔬贮藏与加工。

*通讯作者:李梅(1987-),女,山西河津人,讲师,博士,研究方向:果蔬贮藏与加工。

引文格式:董殊廷,聂加贤,徐怀德,等.辣椒皮与籽在辣椒油香气中的贡献研究[J].中国调味品,2022,47(4):26-31.

曹雁平、张东以河北朝天辣椒为原料,运用蒸馏萃取法,结合固相微萃取(solid-phase microextraction, SPME)、气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)鉴定,研究了风干辣椒和烤辣椒油树脂的挥发性成分,结果显示两者的挥发性组分差异很大^[5]。刘艳敏等报道了贵州 8 种不同品种辣椒制成的辣椒油的挥发性成分,其利用固相微萃取、GC-MS 鉴定、峰面积归一化法以及 SPSS 数据分析,得出 8 种辣椒油共检测到 10 类 40 种挥发性成分,辣椒油的主要挥发性成分是萜烯类、酯类和醛类,前两者为辣椒油的主效风味物质^[6]。

目前,较多学者已检测出辣椒香味物质的成分,但大多基于辣椒层面,关于辣椒油的香气成分主要来源于辣椒皮还是辣椒籽尚没有报道。辣椒由辣椒皮和辣椒籽构成,辣椒籽占辣椒的 40% 左右^[7]。文章基于高温油浸法提取辣椒香气成分,以感官评价和辣椒辣素含量为评价指标,确定提取辣椒香气成分的最适油温、料液比,通过固相微萃取富集香气成分,气相色谱-质谱联用仪测定不同辣椒样品中的挥发性成分,得出高温油浸条件下辣椒籽与辣椒皮对辣椒油香气的贡献度。本研究将为高效利用辣椒皮与辣椒籽提供一定的理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

陕西干秦椒:购于杨凌蔬菜市场;食用菜籽油:购于杨凌好又多超市。

DHG-9070A 型电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司;JHF-250A 型高速多功能粉碎机 昆明铁申商贸有限公司;HC-3018R 高速冷冻离心机 北京科普顺科技有限公司;GC-MS-QP201 气质联用仪、UV-1750 紫外可见分光光度计 岛津企业管理有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 辣椒样品前处理

将干秦椒用 60~300 目粉碎机整颗粉碎,收集全辣椒粉;从干秦椒中挑出辣椒皮,单独粉碎,收集辣椒皮粉;从干秦椒中挑出辣椒籽,单独粉碎,收集辣椒籽粉。将上述 3 种样品置于密封袋中保存备用^[8-9]。

1.2.2 辣椒油样的制备

分别称取一定量的辣椒粉、辣椒皮粉和辣椒籽粉,将菜籽油加热到一定温度时停止加热,按一定料液比转入辣椒样品中进行浸提,密封冷却,将样品于 4℃ 冰箱中放置 24 h,离心、过滤,滤液备用^[10-11]。

1.2.3 单因素试验

1.2.3.1 油温的确定

油温对辣椒油品质及气味物质的挥发程度具有重要影响,本研究设置 5 个油温梯度,分别为 90, 120, 150, 180, 210℃,以油样中辣椒辣素含量及气味类型与程度双指标确定最适浸提油温^[12-13]。

1.2.3.2 料液比的确定

辣椒样品与菜籽油的料液比设置 4 个梯度,分别为 1:2、1:4、1:6、1:8,以油样中挥发性物质出峰数为指标来确定最佳料液比。

1.2.3.3 固相微萃取条件优化

萃取温度的确定:固相微萃取头设置 6 个萃取温度,分别为 20, 30, 40, 50, 60, 70℃,以辣椒样品中挥发性成分数量为指标确定最佳萃取温度^[14-16]。萃取时间的确定:固相微萃取头设置 7 个萃取时间,分别为 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 min,以辣椒样品中挥发性成分数量为指标确定最佳萃取时间。解吸时间的确定:固相微萃取头设置 5 个解吸时间,分别为 1, 2, 3, 4, 5 min,以辣椒样品中挥发性成分数量为指标确定最佳解吸时间。

1.2.4 辣椒辣素含量的测定

准确称取天然辣椒碱 25 mg 于 25 mL 容量瓶中,用甲醇溶液溶解并稀释到刻度,得辣椒素标准溶液储备液,浓度为 1 mg/mL,再分别稀释为 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 mg/mL,用紫外可见分光光度计在 280 nm 波长处测定吸光度,以辣椒素浓度为横坐标、吸光度为纵坐标,绘制标准曲线($y = 8.549x$, $R^2 = 0.9948$)^[17-18]。

吸取 1 mL 油样于试管中,加入 9 mL 甲醇,稀释 10 倍,超声振荡,静置分层。以甲醇溶液做空白对照,于 280 nm 波长处测定样液吸光度值,并从标准曲线上查得相应浓度,即得辣椒中辣椒辣素含量。

1.2.5 辣椒油样香气与焦糊气的测定

对于不同油温下辣椒油气味类型与浓度的测定,采用感官评定法^[19],选取 10 个感官评价员,针对香味与焦糊味分别设定无气味(1)、微弱(2)、明显(3)、较强烈(4)、强烈(5)5 个评价指标,得出不同温差油样香味与焦糊味评价图。

1.2.6 挥发性成分的富集

挥发性成分的富集主要采用固相微萃取法。根据相应条件设置好固相微萃取条件,将样品挥发性成分富集到萃取头涂层中^[20-21]。

换取针头进样器面板操作:Robotarm left→plunger Drive→options→change Tool OK→Move→手动换萃取头→Next→OK。

SPME 条件见表 1。

表 1 SPME 条件
Table 1 SPME conditions

名称	条件	名称	条件
光纤工具	SPME 1	样品瓶深度	22 mm
调节端口	SPME Cond Module 1	样本提取时间	10 min
调节温度	250℃	注射器	Injector 1
预调节时间	3 min	样本解吸时间	3 min
孵化温度	40℃	发布时间	3 min
孵化时间	15 min	分析时间	60 min
搅拌速度	250 r/min		

1.2.7 挥发性成分的测定

气体富集后,设置好 GC-MS 参数,将气体注入到 GC 孔中,进行挥发性成分分析^[22-23]。色谱条件:HP-5 色谱柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);程序升温:起始温度 40 ℃,保留 3 min,升至 120 ℃,无保留,升至 240 ℃,保持 9 min,其余部分条件见表 2^[24]。

表 2 部分色谱条件

Table 2 Partial chromatographic conditions

名称	条件	名称	条件
进样温度	250.0 ℃	总流量	17.0 mL/min
进样模式	Split	线速度	1.00 mL/min
采样时间	3.00 min	清洗流程	25.5 cm/s
载气	He	分流比	6.0 mL/min
流量控制模式	Pressure	总计划时间	10.0 h
压力	112.0 kPa		

质谱条件:接口温度 230 ℃,离子源温度为 230 ℃,电离方式为 EI,电子能量为 70 eV,溶剂延迟从 3 min 开始全谱扫描,扫描质谱范围为 45~550 u。

1.3 数据处理

每组样品分别重复 3 次,通过 Excel 2019 和 Origin 2019 软件进行数据处理,数据结果以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 最适油温的确定

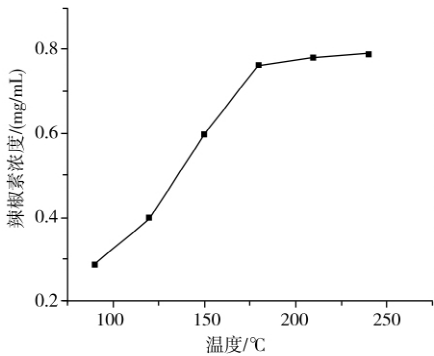


图 1 油样中辣椒素含量
Fig. 1 Capsaicin content in chili oil samples

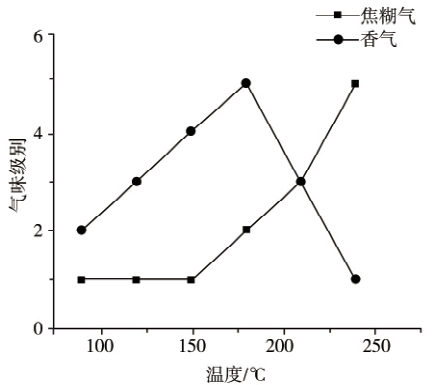


图 2 不同油温对浸出油气味的影响
Fig. 2 Effects of different oil temperatures on the flavor of extracted oil

由图 1 可知,辣椒素含量随着浸提油温的升高而增加,当温度达到 180 ℃以后,辣椒素含量随着浸提油温的升高增加的速度变得缓慢;结合图 2,在 180 ℃之前,辣椒油中主要是香气,且随着温度升高香气浓度增加,在 180 ℃时,辣椒油中开始出现微弱的焦糊气,大于 180 ℃之后,香气浓度急速下降,焦糊味成为辣椒油的主要气味。综合分析,180 ℃为最适浸提温度。

2.2 料液比的确定

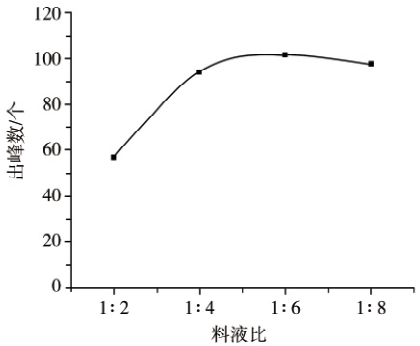


图 3 不同料液比对样品出峰数的影响
Fig. 3 Effects of different ratios of solid to liquid on the number of peaks of samples

分别取油温为 180 ℃的食用油 10,20,30,40 mL 对辣椒样品进行浸提,由图 3 可知,除 1:2 的料液比外,其余比例对出峰数无明显影响,可能原因为 1:2 的比例油较少,浸提不完全,因此选取 1:4 为最佳料液比,既保证了油样挥发性成分数量相对较多,又节约了试验原料。

2.3 萃取条件的确定

2.3.1 萃取温度的确定

在恒定其他参数的情况下,根据萃取温度对萃取效果的影响,设置不同萃取温度为 20,30,40,50,60,70 ℃,不同萃取温度对萃取挥发性成分总峰面积的影响见图 4。

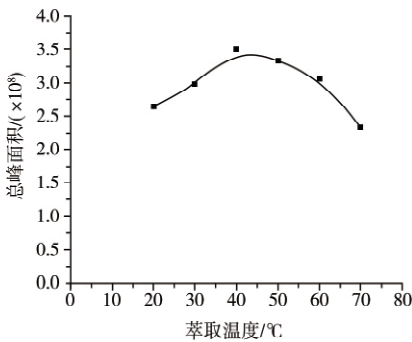


图 4 不同萃取温度对油样挥发性物质总峰面积的影响
Fig. 4 Effects of different extraction temperatures on the total peak area of volatile compounds in oil samples

由图 4 可知,随着萃取温度的升高,待测组分在顶空瓶中的浓度不断加大,总峰面积不断增加,在 40 ℃时达到最高峰,40 ℃之后,可能由于温度过高,影响待

测组分在萃取头上的吸附,峰面积开始降低。傅彦斌^[25]在固相微萃取分析条件的优化实验中得出温度对 HS-SPME 具有双重作用,温度升高时,液体分子热运动加剧,利用挥发性待测组分从油样进入样品顶空瓶中,增加待测物在样品顶空瓶中的分配,促进萃取头的吸附,从而缩短萃取时间。但温度过高会影响待测组分在萃取头涂层中的分配系数,减少涂层对待测物的吸附量,降低结果的准确性,同时样品物质在顶空瓶中会与萃取头涂层物质产生热降解、氧化反应等化学变化,减少原本挥发性物质成分,生成干扰杂质。因此,选取 40 ℃ 为辣椒油样挥发性物质富集的最适萃取温度。

2.3.2 萃取时间的测定

在恒定其他参数的情况下,根据萃取时间对萃取效果的影响,设置不同萃取时间为 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 min, 不同萃取时间对萃取挥发性物质总峰面积的影响见图 5。

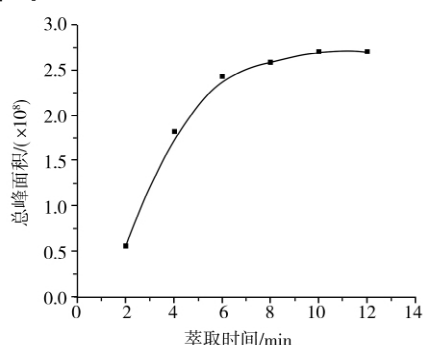


图 5 不同萃取时间对油样挥发性物质总峰面积的影响

Fig. 5 Effects of different extraction time on the total peak area of volatile compounds in oil samples

由图 5 可知,随着萃取时间的增加,挥发性物质组分总峰面积不断增加,当萃取时间为 10 min 时,总峰面积达到最大值,之后一直趋于恒定,说明在 10 min 时顶空瓶内达到了相平衡,因此最优萃取时间为 10 min。

2.3.3 解吸时间的确定

在恒定其他参数的情况下,根据解吸时间对萃取效果的影响,设置不同解吸时间为 1, 2, 3, 4, 5 min, 不同解吸时间对挥发性物质总峰面积的影响见图 6。

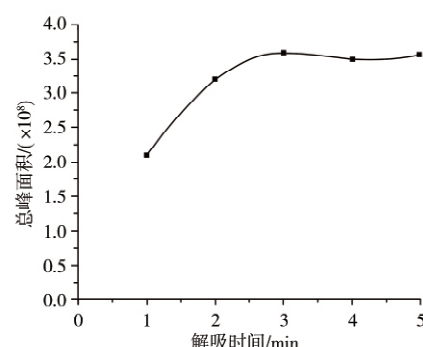


图 6 不同解吸时间对油样挥发性物质总峰面积的影响

Fig. 6 Effects of different desorption time on the total peak area of volatile compounds in oil samples

由图 6 可知,当解吸时间达到 3 min 后,总峰面积趋于平缓,因此选取 3 min 为解吸时间,既能保证解吸完全,又能保护萃取头涂层,延长使用寿命。

对于萃取条件的优化,与周萍萍等在浓香葵花油挥发性风味成分的鉴定研究所得条件有所出入,其最优萃取组为萃取温度 50 ℃、萃取时间 50 min、解吸时间 5 min,可能的原因是虽然都是测挥发性物质,但样品成分不同,所需条件也不同。

2.4 挥发性成分分析

本文采用顶空固相微萃取法-气质联用仪对辣椒油样中的挥发性风味成分进行分析,在最优萃取条件下(萃取温度 40 ℃、萃取时间 10 min、解吸时间 3 min)测得全辣椒油样品中的挥发性成分有 100 种,辣椒皮油中有 94 种,辣椒籽油中有 97 种,经数据处理去除相似度较低的物质,得到 62, 54, 56 种挥发性物质,结果见表 3。

表 3 全辣椒油、辣椒籽油和辣椒皮油挥发性成分 GC-MS 鉴定结果及其相对含量

Table 3 The identification results and relative content of volatile components in whole *Capsicum* oil, *Capsicum* seed oil and *Capsicum* peel oil by GC-MS

序号	保留时间/min	中文名称	分子式	相对含量/%		
				全辣椒油	辣椒籽油	辣椒皮油
1	4.33	(S)-1-丙氨酸乙酰胺	$C_5H_{12}N_2O(S)$	1.24	1.31	ND
2	4.553	乙醛	C_2H_4O	2.28	1.17	2.47
3	4.693	甲硫醇	CH_4S	0.68	ND	0.89
4	5.027	(S)-甲基-环氧乙烷	C_3H_6O	3.29	ND	4.29
5	5.027	丙醛	C_3H_6O	ND	1.6	ND
6	5.223	戊烷	C_5H_{12}	4.19	4.91	4.18
7	5.32	二甲基硫醚	C_2H_6S	1	ND	1.89
8	5.427	(E)-1,3-戊二烯	C_5H_8	ND	0.03	ND
9	5.44	1,4-戊二烯	C_5H_8	0.17	ND	ND
10	5.547	二硫化碳	CS_2	0.23	0.18	0.25
11	5.643	2-甲基丙醛	C_4H_8O	1.21	0.2	2.43
12	5.987	2,3-丁二酮	$C_4H_6O_2$	0.72	0.12	1.11
13	6.067	丁醛	C_4H_8O	0.32	0.36	0.43
14	7.067	2-丁烯醛	C_4H_6O	1.2	1.85	1.03
15	7.273	3-甲基-丁醛	$C_5H_{10}O$	ND	0.76	4.04
16	7.53	2-甲基-丁醛	$C_5H_{10}O$	1.33	0.42	2.84
17	7.633	1-丁醇	$C_4H_{10}O$	1.81	1.4	ND
18	7.753	1-环丙基-乙醇	C_5H_8O	0.39	ND	ND
19	7.753	3-甲基-3-丁烯-2-酮	C_5H_8O	ND	ND	0.1
20	8.02	1-戊烯-3-酮	C_5H_8O	0.76	ND	1.01
21	8.123	1-戊烯-3-醇	$C_5H_{10}O$	1.73	2.86	1.77
22	8.237	二甲基-西拉二醇	$C_2H_6O_2S$	ND	0.96	ND
23	8.32	戊醛	$C_5H_{10}O$	1.73	1.77	2.41
24	8.483	乙偶姻	$C_4H_8O_2$	0.59	0.34	1.06
25	8.777	2-乙基-呋喃	C_6H_8O	0.72	0.86	0.75
26	8.693	四乙基氯化铵	$C_8H_{20}FN$	0.18	ND	ND
27	9.093	庚烷	C_7H_{16}	1.48	1.77	1.57
28	9.707	1-甲基-1H-吡咯	C_5H_7N	0.61	ND	0.79
29	9.89	$(CH_3)_2C=CHCN$	C_5H_7N	ND	6.07	ND

续 表

序号	保留时间/min	中文名称	分子式	相对含量/%		
				全辣椒油	辣椒籽油	辣椒皮油
30	9.893	甲基丙酰胺	C ₅ H ₇ N	5.06	ND	ND
31	10.043	(E)-2-戊烯醛	C ₅ H ₈ O	1.85	2.13	1.99
32	10.483	2-甲基-丙酸	C ₄ H ₈ O ₂	ND	0.24	ND
33	10.853	2-戊烯醇	C ₅ H ₇ N	0.03	ND	ND
34	10.943	1-戊醇	C ₅ H ₁₂ O	0.93	1.96	0.5
35	11.093	[S-(R*,R*)]-2,3-丁二醇	C ₄ H ₁₀ O ₂	0.46	0.86	0.5
36	11.463	2,3-丁二醇	C ₄ H ₁₀ O ₂	0.26	0.37	0.32
37	11.73	2-羟基-2-甲基-丙酸	C ₄ H ₈ O ₃	0.12	0.14	ND
38	11.94	己醛	C ₆ H ₁₂ O	7.99	10.97	8.77
39	12.407	1-辛烯	C ₈ H ₁₆	0.04	0.05	0.06
40	12.897	辛烷	C ₈ H ₁₈	2.66	3.32	3.22
41	13.033	(E)-2-辛烯	C ₈ H ₁₆	0.19	0.06	0.05
42	13.563	3-己烯-2-酮	C ₆ H ₁₀ O	0.09	0.08	0.06
43	13.84	5-氟基-1-戊烯	C ₆ H ₉ N	1.66	ND	1.34
44	14.017	(E)-2-己烯醛	C ₆ H ₁₀ O	1.06	1.28	1.34
45	14.363	2-甲基-丁酸	C ₅ H ₁₀ O ₂	0.16	0.35	ND
46	15.203	甲酸己酯	C ₇ H ₁₄ O ₂	ND	0.18	0.03
47	15.207	1-己醇	C ₆ H ₁₄ O	0.04	ND	ND
48	15.387	1,3-二甲苯	C ₈ H ₁₀	ND	ND	0.08
49	15.39	对二甲苯	C ₈ H ₁₀	ND	0.13	ND
50	15.393	邻二甲苯	C ₈ H ₁₀	0.04	ND	ND
51	15.9	2-庚酮	C ₇ H ₁₄ O	0.07	0.1	0.13
52	16.367	庚醛	C ₇ H ₁₄ O	0.67	0.88	0.71
53	16.77	2,5-二甲苯-吡嗪	C ₈ H ₉ NO ₂	0.09	0.08	ND
54	16.783	2,6-二甲苯-吡嗪	C ₈ H ₉ NO ₂	ND	ND	0.08
55	17.323	壬烷	C ₉ H ₂₀	ND	ND	0.06
56	18.687	2-庚烯醛	C ₇ H ₁₂ O	1.7	2.16	1.64
57	19.293	4-丙基-环己烯	C ₉ H ₁₆	0.05	0.06	0.04
58	19.923	己酸	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.12	ND	ND
59	20.193	1-辛烯-3-醇	C ₈ H ₁₆ O	0.21	0.3	0.17
60	20.443	(E,E)-2,4-庚二烯醛	C ₇ H ₁₀ O	0.65	1.14	0.67
61	21.697	二氢-5-甲基-2(3H)-二苯甲酮	C ₅ H ₈ OS	0.06	0.08	0.06
62	21.997	八甲基-环四硅氧烷	C ₈ H ₂₄ O ₄ Si ₄	0.17	ND	0.19
63	22.26	苯乙醛	C ₈ H ₈ O	0.14	ND	0.17
64	23.27	反-2-辛烯醛	C ₈ H ₁₄ O	0.18	0.21	0.19
65	24.49	3,7-二甲苯-癸烷	C ₁₂ H ₂₆	0.03	ND	ND
66	24.927	反-4-壬烯醛	C ₉ H ₁₆ O	ND	0.03	ND
67	25.37	壬醛	C ₉ H ₁₈ O	1.46	1.89	1.49
68	27.053	(E,Z)-2,6-非二烯	C ₉ H ₁₄ O	0.03	ND	ND
69	27.377	(E)-2-壬烯醛	C ₉ H ₁₆ O	0.17	0.16	0.15
70	28.413	十甲基-环戊硅氧烷	C ₁₀ H ₃₀ O ₅ Si ₅	0.08	0.09	0.1
71	29.14	癸醛	C ₁₀ H ₂₀ O	0.14	0.18	0.19
72	30.893	(E)-2-癸烯醛	C ₁₀ H ₁₈ O	0.05	0.06	0.06
73	31.86	(E,E)-2,4-Decadienal	C ₁₀ H ₁₆ O	0.03	0.06	0.05
74	32.5	(E,E)-2,4-癸二烯醛	C ₁₀ H ₁₆ O	0.11	0.12	0.09
75	33.873	十二甲基-环己硅氧烷	C ₁₂ H ₃₆ O ₆ Si ₆	0.03	0.04	0.06
76	36.28	5,9-十一烯-2-酮,6,10-二甲苯-, (Z)-十六烷	C ₁₃ H ₂₂ O	ND	ND	0.04
77	37.93	十四烷	C ₁₄ H ₃₀	ND	0.03	ND
78	37.927	十六烷	C ₁₆ H ₃₄	ND	ND	0.04
79	45.077	角鲨烯	C ₃₀ H ₅₀	ND	ND	3.5

注：“ND”表示未检出。

由表 3 可知,辣椒全油、辣椒籽油、辣椒皮油中共含有的挥发性物质有乙醛、戊烷、二硫化碳、2-甲基丙醛、2,3-丁二酮、丁醛、2-丁烯醛、2-甲基丁醛、1-戊烯-3-醇、戊醛、乙偶姻、2-乙基-呋喃、庚烷、(E)-2-戊烯醛、1-戊醇、[S-(R*,R*)]-2,3-丁二醇、2,3-丁二醇、己醛、1-辛烯、辛烷、(E)-2-辛烯、3-己烯-2-酮、(E)-2-己烯醛、2-庚酮、庚醛、2-庚烯醛、4-丙基-环己烯、1-辛烯-3-醇、(E,E)-2,4-庚二烯醛、二氢-5-甲基-2(3H)-二苯甲酮、八甲基-环四硅氧烷、反-2-辛烯醛、壬醛、(E)-2-壬烯醛、十甲基-环戊硅氧烷、癸醛、(E)-2-癸烯醛、(E,E)-2,4-癸二烯醛、十二甲基-环己硅氧烷。

辣椒皮油特有的挥发性物质有甲硫醇、甲基-环氧乙烷、二甲基硫醚、3-甲基-3-丁烯-2-酮、1-戊烯-3-酮、1-甲基-1H-吡咯、5-氟基-1-戊烯、1,3-二甲基-苯、2,6-二甲基-吡嗪、壬烷、八甲基-环四硅氧烷、苯乙醛、5,9-十一烯-2-酮、6,10-二甲苯-, (Z)-十六烷、角鲨烯。辣椒籽油中特有的挥发性物质有(S)-1-丙氨酸乙酰胺、丙醛、(E)-1,3-戊二烯、1-丁醇、二甲基-西拉二醇、(CH₃)₂C=CHCN、2-甲基-丙酸、2-羟基-2-甲基-乙酯丙酸、2-甲基-丁酸、对二甲苯、2,5-二甲基-吡嗪、反-4-壬烯醛、十四烷。

对 3 种样品中香气物质进行分析,见表 4。

表 4 样品中所含香气成分分析

Table 4 The analysis of aroma components contained in samples

序号	化合物	来源	香气特征	相对含量/%			峰面积/(×10 ⁶)		
				全	皮	籽	全	皮	籽
1	2,3-丁二酮	籽皮共有	呈奶油香型	0.72	1.11	0.12	1.52	2.976	0.301
2	丁醛	籽皮共有	飘逸的清香	0.32	0.43	0.36	1.115	1.153	0.935
3	1-戊烯-3-醇	籽皮共有	水果香味	1.73	1.77	2.86	6.028	4.745	7.429
4	戊醛	籽皮共有	用作香料	1.73	2.41	1.77	6.028	6.461	4.597
5	乙偶姻	籽皮共有	具有强烈的奶油、脂肪、白脱样香气	0.59	1.06	0.34	2.056	2.842	0.883
6	2-乙基-呋喃	籽皮共有	有强烈的焦香香气	0.72	0.75	0.86	2.509	2.011	2.234
7	己醛	籽皮共有	呈生的油脂和青草气及苹果香味	7.99	8.77	10.97	27.84	23.51228	4.494
8	(E)-2-己烯醛	籽皮共有	新鲜水果型清香	1.06	1.34	1.47	3.693	3.592	3.779
9	2-庚酮	籽皮共有	有类似梨的水果香味	0.07	0.13	0.1	0.244	0.349	0.26
10	庚醛	籽皮共有	果子香味	0.67	0.71	0.88	2.334	1.903	2.286
11	2-庚烯醛	籽皮共有	具青草香气	1.7	1.64	2.16	5.923	4.394	5.61
12	1-辛烯-3-醇	籽皮共有	具有蘑菇、薰衣草、玫瑰和干草香气	0.21	0.17	0.3	0.732	0.456	0.779
13	反-2-辛烯醛	籽皮共有	脂肪和肉类香气,并有黄瓜和鸡肉香味	0.18	0.19	0.21	0.627	0.509	0.545
14	壬醛	籽皮共有	具有玫瑰、柑橘等香气	1.46	1.49	1.89	5.087	3.995	4.909
15	癸醛	籽皮共有	为食用香料,用于芳香矫味,配制柑橘等香型	0.14	0.19	0.19	0.488	0.509	0.468
16	间二甲苯	皮	强烈芳香气味	0.08			0.214		
17	苯乙醛	皮	有浓郁的玉簪花香气	0.14	0.17		0.489	0.456	
18	异丁酸	籽	可用作香料			0.24			0.617
19	对二甲苯	籽	具有芳香气味			0.35			0.9

续 表

序号	化合物	来源	香气特征	相对含量/%		峰面积/($\times 10^6$)	
				全	皮 籽	全	皮 籽
20	2-甲基-丁酸	籽	愉快的水果香气	0.16	0.35	0.559	0.9
21	2,5-二甲基-吡嗪	籽	有坚果、马铃薯片、巧克力香气	0.09	0.08	0.315	0.206

注:以上化合物的香气特征均来自中国化工网化工数据库(<http://chem234.com>)。

在 3 种辣椒油中,大部分香气物质的检测频率都较高,因此,这些香气物质可能在油泼辣椒的风味表征中起到重要作用。

对表 4 中香气物质根据峰面积进行比较分析可知,辣椒油中主要香气物质成分为 2,3-丁二酮、1-戊烯-3-醇、戊醛、乙偶姻、2-乙基-呋喃、己醛、(E)-2-己烯醛、庚醛、2-庚烯醛、壬醛 10 种物质,其中 1-戊烯-3-醇、2-乙基-呋喃、己醛、(E)-2-己烯醛、庚醛、2-庚烯醛、壬醛 7 种物质在辣椒籽油中的峰面积大于辣椒皮油;全辣椒油中香味物质总峰面积为 67.587×10^6 ,辣椒皮油中香味物质总峰面积为 60.077×10^6 ,辣椒籽油中香味物质总峰面积为 66.132×10^6 ,辣椒籽油的香味物质总峰面积大于辣椒皮油;而单独来自于辣椒皮的物质间二甲苯、苯乙醛的总峰面积为 0.67×10^6 ;单独来自于辣椒籽的物质异丁酸、2-甲基-丁酸、对二甲苯、2,5-二甲基-吡嗪的总峰面积为 2.623×10^6 ,辣椒籽油中的独有香气物质总峰面积大于辣椒皮油中。

综上可知,辣椒籽在全辣椒油中香气物质成分的贡献大于辣椒皮。

3 结论

基于辣椒皮与辣椒籽对油泼辣椒中挥发性香气物质的贡献研究,通过高温油浸法,经固相微萃取、气质联用仪分析样品,共检测到 21 种香气物质成分,其中有 15 种物质籽样皮样共有,有 2 种物质来自于皮样,有 4 种物质来自于籽样。根据对籽样和皮样中主要香气物质峰面积、独有香气物质峰面积以及所有香气物质总峰面积的比较,得出辣椒籽对油泼辣椒香气的贡献大于辣椒皮。

参考文献:

- [1] LI P D, YANG C F, XIAN J C. Research and application of *Alpinia officinarum* in medicinal field[J]. Chinese Herbal Medicines, 2019, 11(2): 132-140.
- [2] 杜勃峰, 李达, 肖仕芸, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 及主成分分析综合评价贵州典型辣椒品种香气品质[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(7): 149-155.
- [3] 王雪雅, 陆宽, 孙小静, 等. 贵州不同辣椒品种的品质及挥发性成分分析[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 212-218.
- [4] 斯波. 辣椒香味物质的提取分离及其应用[J]. 中国调味品, 2012, 37(6): 27-30.
- [5] 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.

- [6] 刘艳敏, 吴拥军, 王亚娟, 等. 贵州油辣椒挥发性风味物质分析[J]. 食品科学, 2013, 34(20): 221-227.
- [7] 卢可可, 庞会利, 刘华敏, 等. 辣椒籽油的制备及其挥发性香味物质的研究[J]. 中国粮油学报, 2017(3): 68-73.
- [8] 沈文娇, 何新益, 冯长禄, 等. 粉碎度对辣椒籽成分溶出效果的影响[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(1): 78-82.
- [9] 徐圆融, 胡思卓, 王丹凤, 等. 不同温度与水分含量对辣椒粉热特性的影响[J]. 中国调味品, 2017, 42(10): 1-3, 10.
- [10] 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): 276-284.
- [11] 沈文娇. 辣椒籽油的制备及其在肉制品中的应用[D]. 天津: 天津农学院, 2017.
- [12] 李昌文. 辣椒油的加工工艺研究[J]. 中国调味品, 2007(11): 53-54.
- [13] 马燕, 孟伊娜, 邹淑萍, 等. 高压脱脂辣椒籽分离蛋白提取工艺优化及其功能特性研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(8): 54-60.
- [14] GARRUTI D S, PINTO N O F, ALVES V C C, et al. Volatile profile and sensory quality of new varieties of *Capsicum chinense* pepper[J]. Food Science and Technology, 2013, 33(1): 102-108.
- [15] 李鑫, 马斌强, 胡晓娟, 等. 辣椒素的提取与分析工艺研究[J]. 江西农业学报, 2009, 21(3): 139-141, 143.
- [16] 张群, 郑井元, 郑金玉, 等. 顶空固相微萃取-气相色谱联用质谱法分析“三味”剁辣椒和原料的挥发性成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(21): 5678-5687.
- [17] 赵驰, 朱永清, 董玲, 等. 不同盐度四川辣椒酱挥发性成分分析[J]. 中国调味品, 2019, 44(10): 161-164, 167.
- [18] 常晓珂, 张强, 韩娅楠, 等. 不同类型辣椒中辣椒素含量测定及辣度分析[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(9): 30-33.
- [19] 吴士业, 李光辉. 浸制油温对辣椒调味油色香味的影响[J]. 食品研究与开发, 1999(2): 21-24.
- [20] LI Z H, DONG L, JEON J, et al. Characterization and evaluation of aroma quality in doubanjiang, a Chinese traditional fermented red pepper paste, using aroma extract dilution analysis and a sensory profile[J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2019, 24(17): 11-12.
- [21] GENG Q Y, ZHAN P, TIAN H L, et al. Gradual optimization of headspace solid-phase microextraction conditions of volatiles in pepper chicken soup combined with gas chromatography-mass spectrometry and principal component analysis[J]. International Journal of Analytical Chemistry, 2019.
- [22] WANG J J, WANG R R, XIAO Q, et al. SPME/GC-MS characterization of volatile compounds of Chinese traditional-chopped pepper during fermentation[J]. International Journal of Food Properties, 2019, 22(1): 32-35.
- [23] ADEL A, ABDALLA, AHMED S, et al. Studying the effect of household-type treatment and processing on the residues of ethion and profenofos pesticides and on the contents of capsaicinoids in green chili pepper using GC-MS/MS and HPLC [J]. Food Analytical Methods, 2018, 11(2): 46-47.
- [24] 郭凌燕, 蔡玉刚, 黄海涛. GC-MS 法检验辣椒制品中的合成辣椒素[J]. 广东公安科技, 2019, 27(2): 45-46, 58.
- [25] 傅彦斌. 固相微萃取分析条件的优化[J]. 干旱环境监测, 2006(1): 133-134.