

徐阳, 沈思怡, 戢得蓉, 等. 基于 GC-MS 分析不同郫县豆瓣对复合调味料挥发性风味的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(15): 264–274. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022070340

XU Yang, SHEN Siyi, JI Derong, et al. Analysis of the Effect of Different Pixian Bean Paste on the Volatile Flavor of Compound Seasoning Based on GC-MS[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(15): 264–274. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022070340

· 分析检测 ·

基于 GC-MS 分析不同郫县豆瓣对复合调味料挥发性风味的影响

徐 阳, 沈思怡, 戢得蓉, 段丽丽*
(四川旅游学院食品学院, 四川成都 610100)

摘 要:本研究利用气相色谱-质谱联用 (GC-MS), 检测以不同品牌郫县豆瓣为原料制成的鱼香味型和麻辣味型复合调味料中的挥发性物质, 并结合化学计量学和感官性状分析不同品牌郫县豆瓣对复合调味料挥发性风味物质的影响。实验结果表明: 鱼香味型复合调味料中共鉴定出 63 种挥发性成分, 其中醇类 6 种, 醚类 5 种, 醛类 6 种, 酸类 6 种, 烃类 28 种, 酮类 3 种, 酯类 5 种, 其他化合物 4 种。麻辣味型复合调味料样品中共检测到了 64 种挥发性成分, 包括醇类 6 种, 醚类 1 种, 醛类 9 种, 酸类 8 种, 烃类 27 种, 酮类 1 种, 酯类 5 种, 其他 7 种。研究表明, 不同品牌郫县豆瓣对鱼香味型和麻辣味型复合调味料风味的影响存在显著差异, 鱼香味型复合调味料风味的差异主要体现在醛类、酯类和醚类物质的种类和含量上, 川郫、恒星和丹丹豆瓣所制成品在醛类、酯类和醚类物质的含量上有较高含量, 对鱼香味型风味的形成有较大作用。麻辣味型复合调味料风味的差异主要表现在醛类物质的种类和含量上, 川老汇豆瓣增强麻辣味型风味的优势体现在含有丰富的醛类物质。

关键词:郫县豆瓣酱, 鱼香味型, 麻辣味型, 复合调味料, 气相色谱-质谱法 (GC-MS)

中图分类号: TS264.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)15-0264-11

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022070340



本文网刊:

Analysis of the Effect of Different Pixian Bean Paste on the Volatile Flavor of Compound Seasoning Based on GC-MS

XU Yang, SHEN Siyi, JI Derong, DUAN Lili*

(School of Food, Sichuan Tourism University, Chengdu 610100, China)

Abstract: In this study, gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was used to detect the volatile substances in the fish flavored and spicy flavored compound condiments made from different brands of Pixian douban, and the effects of different brands of Pixian douban on the volatile flavor substances of the compound condiments were analyzed in combination with chemometrics and sensory properties. The results showed that 63 volatile components were identified in fish-flavored compound seasoning, including 6 alcohols, 5 ethers, 6 aldehydes, 6 acids, 28 terpenoids, 3 ketones, 5 esters and 4 other compounds. A total of 64 volatile components were detected in the samples of spicy compound flavorings, including 6 alcohols, 1 ether, 9 aldehydes, 8 acids, 27 terpenoid hydrocarbons, 1 ketone, 5 esters and 7 others. The study showed that there were significant differences in the effects of different brands of Pixian douban on the flavor of fish flavor and spicy flavor compound seasoning, and the differences in the flavor of fish flavor compound seasoning were mainly reflected in the types and contents of aldehydes, esters and ethers. The products made by Chuanpi, Hengxing and Dandan Douban had a high content of aldehydes, esters and ethers, which played an important role in the formation of fish-flavor flavor. The difference of flavor of spicy compound condiments was mainly reflected in the type and content of aldehydes,

收稿日期: 2022-08-02

基金项目: 大学生创新创业训练项目 (202104023); 四川旅游学院高水平科研项目培育专项 (2022PY02); 四川旅游学院科研创新团队项目 (19SCTUTY04)。

作者简介: 徐阳 (1998-), 男, 本科, 研究方向: 食品分析与检测, E-mail: 2638252381@qq.com。

* 通信作者: 段丽丽 (1980-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 食品分析与检测, E-mail: 12289484@qq.com。

the advantage of Chuanlaohui douban to enhance the characteristic flavor of spicy type was reflected in the rich aldehydes.

Key words: Pixian bean paste; fish flavor type; spicy flavor type; compound seasoning; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

调味料是烹饪中的辅料,具有增香、赋色以及提鲜的作用。复合调味料是指由两种或两种以上调味料以及原辅料的科学搭配,通过物理、化学以及生物技术,工业化生产而成的具有多种调味料特点的复合型产品,具有营养性、风味多样性和方便性等优点^[1]。在复合调味料中,鱼香味型清香爽口、香而细腻,有鱼风味而不见鱼肉,吃后让人回味无穷^[2];麻辣味型醇浓并重、麻辣鲜香、咸鲜热烫,助食而解腻^[3]。郫县豆瓣是制作鱼香味型和麻辣味型复合调味料的主要原料,对复合调味料的风味形成有重要的影响^[4]。

在已有的研究中,郫县豆瓣被检测出 90 余种挥发性成分,包括醛类、酸类、酯类、醇类等,其特殊风味是由多种芳香物质共同作用而产生的,这些风味物质对于鱼香味型和麻辣味型风味的形成具有重要的作用^[5]。叶玉矫^[6]通过郫县豆瓣不同发酵时期的风味指标,对发酵各时期的风味物质含量变化具体分析,发现郫县豆瓣早熟到后熟阶段,乙醇、苯乙醇、异戊醇等挥发性风味物质逐渐减少,苯乙醛、乙醛、糠醛等风味物质逐渐积累。还有研究比较了恒温封闭发酵和传统发酵生产的郫县豆瓣风味以及微生物群落不同的影响,虽然恒温封闭发酵的有机酸和游离氨基酸含量低于传统发酵,但恒温封闭发酵在形成香气方面有独特的优势^[7]。郫县豆瓣的生产工艺复杂,不同生产厂商的发酵工艺和采用的原料不同,加工而成的郫县豆瓣在营养成分和风味物质上有着明显的区别^[8],对制作的复合调味料风味作用也会改变^[9-10],因而不同品牌郫县豆瓣制成的复合调味料具有极大的差异性。

近年,针对郫县豆瓣的研究主要集中在菌群特征^[11]、成分变化^[12-13]和发酵工艺^[14]等方面,复合调味料的研究方向主要在配方优化^[15]、加工工艺^[16]和产品开发^[17]等方面。郫县豆瓣和复合调味料综合研究相对较少,随着居民消费理念逐渐转变,复合调味料行业规模快速增长,发展速度快于整体市场。本研究采用气相色谱-质谱联用技术并结合感官评价分析 6 种不同品牌郫县豆瓣经工艺流程制作成复合调味料后,通过分析复合调味料挥发性物质成分类型,阐释不同品牌郫县豆瓣对复合调味料的挥发性风味物质的影响,从挥发性成分的角度为生产复合调味料提供科学依据,有利于指导工业化生产鱼香和麻辣味型复合调味料,对工业化生产常见复合调味料也有促进作用。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

郫县豆瓣酱 不同品牌(见表 1);其他材料:芝麻油、盐、食用油、白砂糖、淀粉、葱、姜、蒜、味精、

花椒粉、辣椒粉、酱油、醋、浓汤宝等 均为市售。

JM-A 型电子天平 德国赛多利斯公司;SQ680 型气相色谱-质谱联用仪 美国 PerkinElmer 公司;CAR/PDMS 型 75 μm 萃取头 美国 Supelco 公司;美的 C22-E303 电磁炉 美的集团;奥克斯 AUX 搅拌机 奥克斯集团;其他实验室常用设备。

表 1 6 种品牌郫县豆瓣产品信息
Table 1 6 kinds of Brands Pixian douban product information

名称	产地	编号	生产日期	保质期
川老汇红油郫县豆瓣酱	四川成都	CLH	2022.3.6	12个月
川郫红油郫县豆瓣酱	四川成都	CP	2022.3.2	12个月
娟城牌红油郫县豆瓣酱	四川成都	JC	2022.3.19	12个月
绍丰和红油郫县豆瓣酱	四川成都	SFH	2022.2.27	12个月
恒星红油郫县豆瓣酱	四川成都	HX	2022.3.24	12个月
丹丹红油郫县豆瓣酱	四川成都	DD	2022.3.20	12个月

1.2 实验方法

1.2.1 鱼香味型复合调味料制作方法 鱼香味型复合调味料的材料、配方和加工方法参考《川菜烹饪工艺》^[4]制作,配方见表 2。

表 2 鱼香味型复合调味料的制作配料表
Table 2 Preparation ingredients of fish-flavored compound seasonings

原料	用量(g)	原料	用量(g)
味精	2	蒜末	15
白糖	25	葱花	25
酱油	4	鲜汤	100
醋	10	水淀粉	15
郫县豆瓣	40	食用油	55
姜末	5	芝麻油	3

水淀粉为淀粉与水按照 1:4 的比例配制,鲜汤为浓汤宝与水按照 1:20 的比例制作,将白糖、味精、酱油、醋、芝麻油、水淀粉、鲜汤兑成芡汁;热锅加油,待油温至 120 ℃,放入郫县豆瓣炒制 1 min(电磁炉功率 1800 W),炒香且油呈红色,放入姜末、蒜末和葱花炒香(电磁炉功率 1600 W),倒入芡汁搅匀,收汁浓稠(电磁炉功率 2000 W),烹制完成后进行风味检测。

1.2.2 麻辣味型复合调味料制作方法 麻辣味型复合调味料的材料、配方和加工方法参考《川菜烹饪工艺》^[4]制作,配方见表 3。

锅中放油烧至 120 ℃,加入郫县豆瓣、辣椒粉、豆豉炒制 1 min(电磁炉功率 1800 W),炒香掺入鲜汤,加入酱油(电磁炉功率 1400 W),加入味精、花椒粉、水淀粉,收汁浓稠即成(电磁炉 1800 W),烹制后进行风味检测。

表 3 麻辣味型复合调味料的制作配料表

Table 3 Preparation ingredients of spicy flavor compound seasonings

原料	用量(g)	原料	用量(g)
花椒粉	1	味精	2
辣椒粉	7	食用油	70
酱油	10	鲜汤	200
豆豉	6	水淀粉	30
郫县豆瓣	40		

1.2.3 气相色谱-质谱分析

1.2.3.1 萃取条件 取样品 2 g 置于 15 mL 样品瓶中,加入搅拌子密封,磁力搅拌装置温度 70 ℃,转速 80 r/min,平衡 10 min,然后将老化(250 ℃, 10 min)的萃取头插入顶空瓶,吸附 80 min,在 250 ℃ 气相色谱进样口解吸 10 min^[18]。

1.2.3.2 气相条件 色谱柱: Elite-5MS(30 m×0.25 mm×0.25 μm);进样口温度: 250 ℃;升温程序:起始温度 40 ℃,保持 2 min,以 2 ℃/min 升至 60 ℃,保留 1 min,随后以 20 ℃/min 升至 250 ℃,保留 2 min。载气: 氦气(99.9999%),流速 1 mL/min,分流比: 5:1^[18]。

1.2.3.3 色谱条件 EI 离子源,电子能量为 70 eV,离子源温度 230 ℃;全扫描;质量扫描范围: 35~400 m/z;扫描延迟 1.1 min^[18]。定性分析:挥发性成分通过与标准谱库(NIST2011)检索匹配,并结合人工解谱,仅报道匹配度≥500 的化合物。定量分析:通过峰面积归一化法进行定量,从而确定挥发性成分的相对含量。

1.2.3.4 感官分析 挑选有品评经验的 10 名食品专业学生(4 男 6 女)组成感官评价小组,小组成员按照 GB/T 29605-2013 要求进行培训,对不同产品严格按照感官评价的流程进行综合评价,以 10 名同学的感官鉴评平均值作为感官评价结果,感官评价标准见表 4、表 5。

表 4 鱼香味型复合调味料感官评分标准

Table 4 Sensory scoring criteria for fish-flavored compound seasonings

评价项目	评价标准	得分(分)
香气	鱼香味浓郁	27~30
	鱼香味浓郁,但整体气味协调性差	24~26
	鱼香味不突出,整体气味不协调	19~23
	有焦糊气味	0~18
滋味	咸淡适宜,酸甜比平衡	34~40
	咸淡适宜,酸甜有些偏颇	30~33
	咸淡不适,酸甜比例失衡	25~29
	焦糊有苦味	0~24
色泽	色泽油润,红亮清透有光泽	27~30
	色泽油润,但红亮度不够,稍暗	24~26
	色泽不够油润,不红亮清透	19~23
	无光泽,颜色发黑	0~18

表 5 麻辣味型复合调味料感官评分标准

Table 5 Sensory scoring criteria for spicy compound seasonings

评价项目	评价标准	得分(分)
香气	麻辣香气浓郁	27~30
	麻辣香气浓郁,但整体气味协调性差	24~26
	麻辣香气清淡,整体气味不协调	19~23
	有焦糊气味	0~18
滋味	口味调和,麻辣味浓厚	34~40
	口味基本调和,无过辣、过麻或麻辣味清淡现象	30~33
	口味不调和,有过辣或过麻现象	25~29
	焦糊有苦味	0~24
色泽	色泽油润红亮有光泽	27~30
	色泽油润,但红亮度不够,稍暗	24~26
	色泽不够油润,不红亮	19~23
	无光泽,颜色发黑	0~18

1.3 数据处理

使用软件 Excel 2016 对复合调味料挥发性成分数据整理,利用 SPSS.26 软件对数据进行差异显著分析,并结合化学计量学分析和感官性状分析,化学计量学常用于食品风味化学的分析中,其中的聚类分析(CA)是一种依据样本特征相似度将其归类分析的方法^[19],使用 Origin 2019 作图。

2 结果和分析

2.1 两种复合调味料挥发性成分组成分析

2.1.1 鱼香味型复合调味料挥发性风味成分分析

由表 6、表 7 可以看出,鱼香味型复合调味料中共鉴定出 63 种挥发性成分,其中醇类 6 种,醚类 5 种,醛类 6 种,酸类 6 种,烃类 28 种,酮类 3 种,酯类 5 种,其他化合物 4 种。其中,川老汇样品中共检测出 54 种、川郫样品中共检测出 32 种、娟城样品中共检测出 38 种、绍丰和样品中共检测出 38 种、恒星样品中共检测出 37 种、丹丹样品中共检测出 29 种挥发性风味物质,川老汇样品醇类、醛类、酯类和烃类化合物的种类数多于其他 5 种样品,酮类和其他类化合物相对含量高于其他样品。

挥发性物质中,酸类物质相对含量最高,占总挥发性成分的 36.32%~50.43%,丹丹样品酸类含量最高。乙酸为共有物质且含量较高,可赋予样品酸香的香味特征^[20]。多数酸类物质具有刺激性气味,一般只起调和作用,对风味的影响不大^[5]。

醇类共检测到 6 种,占总挥发性成分的 2.80%~27.92%。醇类物质可以为样品提供脂香,一般情况,直链饱和醇阈值较高,非饱和醇阈值较低,风味影响更高^[21]。共有物质为乙醇、L-香芹醇和桉叶油醇,醇类物质包括饱和醇 1 种,非饱和醇 5 种。非饱和醇中,桉叶油醇呈现草药味^[22],丙烯醇含量最多,提供水果、坚果香气^[23],非饱和醇含量最高的是娟城样品。

烃类物质占总挥发性成分的 3.72%~19.25%,娟城样品中烃类含量最多,主要包括 1,3,2-二氧硫杂环己烷-2,2-二氧化物、茨烯、γ-松油烯、3-乙基己烷和

表 6 鱼香味型复合调味料各样品风味物质及相对含量

Table 6 Flavor substances and relative contents in various samples of fish-flavored compound seasonings

序号	CAS号	中文名称	英文名称	分子式	相对含量(%)					
					CLH	CP	JC	SFH	HX	DD
醇类										
1	64-17-5	乙醇	Ethanol	C ₂ H ₆ O	1.65	3.13	6.93	3.85	2.80	2.03
2	13651-14-4	2,3-二甲苄基醇	2,3-Dimethylbenzyl alcohol	C ₉ H ₁₂ O	0.07	0	0.08	0.05	0	0
3	99-48-9	L-香芹醇	Carveol	C ₁₀ H ₁₆ O	0.08	0.17	0.07	0.92	0.09	0.07
4	470-82-6	桉叶油醇	Cineole	C ₁₀ H ₁₈ O	3.62	1.26	4.33	1.80	1.40	0.70
5	507-70-0	2-茨醇	borneol	C ₁₀ H ₁₈ O	0.09	0.05	0	0	0.09	0
6	107-18-6	丙烯醇	2-Propen-1-ol	C ₃ H ₆ O	1.12	17.22	16.51	16.54	10.86	0
醚类										
7	115-10-6	二甲醚	Dimethyl ether	C ₂ H ₆ O	0.75	0	0.09	0	0.10	0
8	2179-57-9	烯丙基二硫	Diallyl disulfide	C ₆ H ₁₀ S ₂	0.33	0.41	0.51	0.42	0.13	0.10
9	928-55-2	乙基丙烯醚	Ethyl 1-Propenyl Ether	C ₅ H ₁₀ O	2.94	5.84	0	0.06	0.13	0.19
10	592-88-1	二烯丙基硫醚	Allyl Sulfide	C ₆ H ₁₀ S	0	1.99	0	0.31	1.15	0.51
11	140-67-0	草蒿脑	Estragole	C ₁₀ H ₁₂ O	0.09	0	0.06	0	0.05	0
醛类										
12	590-86-3	异戊醛	Isovaleraldehyde	C ₅ H ₁₀ O	1.05	2.34	0.85	1.27	3.42	3.11
13	96-17-3	2-甲基丁醛	2-Methylbutanal	C ₅ H ₁₀ O	1.15	0	0.90	1.27	3.89	4.42
14	66-25-1	正己醛	Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	0.40	2.40	0.29	0.31	1.55	2.05
15	1998/1/1	糠醛	Furfural	C ₅ H ₄ O ₂	1.01	3.62	2.10	0	0.96	0
16	124-19-6	壬醛	Nonanal	C ₉ H ₁₈ O	0.12	0.11	0	0.05	0	0
17	498-60-2	3-糠醛	3-Furaldehyde	C ₅ H ₄ O ₂	1.23	1.01	2.02	1.00	2.69	1.86
酸类										
18	64-18-6	甲酸	Formic acid	CH ₂ O ₂	4.16	0	0	0	0	0
19	625-45-6	甲氧基乙酸	2-Methoxyacetic acid	C ₃ H ₆ O ₃	4.22	0	1.30	0	0	0.72
20	13881-91-9	氨基甲磺酸	Aminomethanesulfonic acid	CH ₃ NO ₃ S	0.97	0	0	0	0.09	0
21	1115-65-7	L-半胱亚磺酸	L-Cysteinesulfinic acid	C ₃ H ₇ NO ₄ S	0	2.64	0.71	0.71	0	0
22	64-19-7	乙酸	Acetic acid	C ₂ H ₄ O ₂	31.97	39.77	34.20	44.12	49.45	49.71
23	616-62-6	丙基丙二酸	2-Propylmalonic acid	C ₆ H ₁₀ O ₄	0	0	0.11	0	0.08	0
烃类										
24	13952-84-6	2-氨基丁烷	sec-Butylamine	C ₄ H ₁₁ N	2.65	0	0	0	0	0
25	463-82-1	新戊烷	2,2-dimethylpropane	C ₅ H ₁₂	6.51	0	0.24	0.43	0	0.22
26	2216-34-4	4-甲基辛烷	4-Methyloctane	C ₉ H ₂₀	0.13	0	0	0	0.52	0
27	508-32-7	三环烯	cyclene	C ₁₀ H ₁₆	0.24	0	0.19	0	0	0
28	13466-78-9	3-萜烯	3-Carene	C ₁₀ H ₁₆	0.87	0	0.76	0.30	0.28	0
29	79-92-5	茨烯	Camphene	C ₁₀ H ₁₆	3.09	0.68	2.63	0.94	0.76	0.41
30	499-97-8	假性柠檬烯	pseudo-limonene	C ₁₀ H ₁₆	0.21	0	0.15	0	0	0
31	99-87-6	4-异丙基甲苯	p-isopropyltoluene	C ₁₀ H ₁₄	0.17	0.04	0.09	0.05	0.04	0
32	586-62-9	萜品油烯	Terpinolene	C ₁₀ H ₁₆	1.47	0.47	0.39	0	0.02	0
33	514-95-4	1,5,5-三甲基-6-亚甲基环己烷	1,5,5-Trimethyl-6-methylene-cyclohexene	C ₁₀ H ₁₆	0.66	0	0	0	0	0
34	99-85-4	γ-松油烯	γ-Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	0.31	0	1.54	0.81	0.69	0.16
35	5989-27-5	d-柠檬烯	D-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	0.07	0	0.07	0.08	0	0
36	3856-25-5	(-)-Alpha-蒎烯	α-Copaene	C ₁₅ H ₂₄	0.06	0	0	0.19	0.32	0
37	24251-86-3	5,8-二乙基十二烷	Dodecane, 5,8-diethyl-	C ₁₆ H ₃₄	0.07	0	0.04	0	0	0.16
38	1560-95-8	2-甲基四癸烷	2-METHYLTETRADECANE	C ₁₅ H ₃₂	0.23	0.07	0.07	0	0	0
39	644-30-4	α-姜黄烯	alpha-Curcumene	C ₁₅ H ₂₂	0.42	0.09	0.23	0.12	0.04	0.15
40	16728-99-7	立方烯	Naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	0.28	0	0	0.15	0.03	0
41	629-62-9	正十五烷	Pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	0.21	0	0	0	0	0
42	2213-23-2	2,4-二甲基庚烷	2,4-Dimethylheptane	C ₉ H ₂₀	0	1.09	0.32	0.29	1.34	0
43	100-41-4	乙苯	ether	C ₈ H ₁₀	0.12	0.65	0	0.12	0	0
44	55282-02-5	1,4-二甲基-2-八角环己烷	1,4-dimethyl-2-octadecyl-	C ₂₆ H ₅₂	0	0.05	0	0	0.03	0
45	5208-49-1	(1S,3R)-顺式-4-萜烯	(1S,3R)-(Z)-4-carene	C ₁₀ H ₁₆	0.19	0.34	0	0	0	0.42
46	1073-05-8	1,3,2-二氧硫杂环己烷-2,2-二氧化物	1,3,2-Dioxathiane,2,2-dioxide	C ₃ H ₆ O ₄ S	0	0	11.48	0.67	0.02	0
47	619-99-8	3-乙基己烷	3-ethylhexane	C ₈ H ₁₈	0	0	0.91	0.05	0	0

续表 6

序号	CAS号	中文名称	英文名称	分子式	相对含量(%)					
					CLH	CP	JC	SFH	HX	DD
48	503-30-0	氧杂环丁烷	Oxetane	C ₃ H ₆ O	0.23	0	0	0	0.13	5.99
49	594-70-7	2-甲基-2-硝基丙烷	2-Methyl-2-nitropropane	C ₄ H ₉ NO ₂	0	0.24	0	0.21	0	5.37
50	1069-53-0	2,3,5-三甲基己烷	2,3,5-Trimethylhexane	C ₉ H ₂₀	0.20	0	0	0	0.09	0.11
51	103-65-1	丙基苯	n-propylbenzene	C ₉ H ₁₂	0.21	0	0.14	0.09	0	0.13
酮类										
52	110-43-0	2-庚酮	2-Heptanone	C ₇ H ₁₄ O	0.11	0	0.06	0	0.19	0
53	1502-06-3	环癸酮	Cyclodecanone	C ₁₀ H ₁₈ O	0.22	0.17	0	0.08	0	0.16
54	3350-30-9	环壬酮	cyclononanone	C ₉ H ₁₆ O	0	0	0.18	0	0	0.12
酯类										
55	20600-96-8	四硝酸二甘油酯	3,3'-Oxybis(1,2-propanediol)tetranitrate	C ₆ H ₁₀ N ₄ O ₁₃	0.85	0	0	0.07	0	0
56	141-78-6	乙酸乙酯	Ethyl Acetate	C ₄ H ₈ O ₂	1.27	0.00	2.11	0.00	5.83	7.47
57	115-95-7	乙酸芳樟酯	Linalyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	0.12	0	0	0.12	0	0
58	123-66-0	正己酸乙酯	Ethyl hexanoate	C ₈ H ₁₆ O ₂	2.13	0.08	0.13	0	0.03	0.40
59	503-30-0	氧杂环丁烷	Oxetane	C ₃ H ₆ O	0.07	6.35	0	1.83	0.05	0
其他										
60	62488-52-2	3-乙烯基-3,6-二氢二噻吩	3-ethenyl-3,6-dihydrodithiine	C ₆ H ₈ S ₂	0.22	0.19	0	0.40	0	0
61	104-46-1	茴香脑	cis-Anethol	C ₁₀ H ₁₂ O	3.41	0.34	0.38	0.13	0.13	0.09
62	62488-53-3	3-乙烯基-4H-1,2-二噻英	3-vinyl-4H-1,2-dithiin	C ₆ H ₈ S ₂	0.20	0.18	0	0.37	0	0.14
63	18368-95-1	p-薄荷三烯,p-薄荷-1,3,8-三烯	1,3,8-p-Menthatriene	C ₁₀ H ₁₄	0.33	0.08	0	0.15	0	0.15

表 7 鱼香味型复合调味料各样品挥发性成分种类数及相对含量

Table 7 Types and relative content of volatile components in various samples of fish-flavored compound seasonings

序号	挥发性成分	CLH		CP		JC		SFH		HX		DD	
		种类数	相对含量(%)	种类数	相对含量(%)	种类数	相对含量(%)	种类数	相对含量(%)	种类数	相对含量(%)	种类数	相对含量(%)
1	醇类	6	6.63	5	21.83	5	27.92	5	23.16	5	15.24	3	2.80
2	醚类	4	4.11	3	8.24	3	0.66	3	0.79	5	1.56	3	0.80
3	醛类	6	4.96	5	9.48	5	6.16	5	3.90	5	12.51	4	11.44
4	酸类	4	41.32	2	42.41	4	36.32	2	44.83	3	49.62	2	50.43
5	烃类	23	18.60	10	3.72	16	19.25	15	4.50	14	4.31	10	13.12
6	酮类	2	0.33	1	0.17	2	0.24	1	0.08	1	0.19	2	0.28
7	酯类	5	4.44	2	6.43	2	2.24	3	2.02	3	5.91	2	7.87
8	其他	4	4.16	4	0.79	1	0.38	4	1.05	1	0.13	3	0.38

3-萜烯等。6 种样品共有物质为苾烯和 α -姜黄烯。烃类化合物多来源于郫县豆瓣和香辛料,可赋予肉香、柑橘香和薄荷香^[20]。在烃类化合物中,苾烯含量最高,具有樟脑的气味特征,常用于合成香料。萜品油烯为无色或淡琥珀色液体,有柠檬气味,d-柠檬烯具有甜香、柠檬香和柑橘香味。虽然烃类物质含量高且种类多,但其阈值较高,对复合调味料风味影响可能较小^[24]。

醛类和酮类化合物分别占挥发性成分的 3.90%~12.51% 和 0.08%~0.33%,均为羰基化合物,阈值较小,在较低浓度下可赋予花果香气,恒星样品醛类物质含量最高,川老汇酮类物质含量最高。6 个样品中共检出 6 种醛和 3 种酮,共有的醛类物质为异戊醛、正己醛和 3-糠醛,分别具有苹果香、青草气和烤香味^[20],总体异戊醛含量最多,3-糠醛次之。与其他类别化合物相比,醛类和酮类化合物含量较少。

酯类化合物占总挥发性成分的 2.02%~7.87%,一般在很低浓度下会赋予食品水果香,是很重要的呈

香物质,可能来源于食醋^[25]。样品中共检测到 5 种酯类,丹丹样品酯类含量最高,乙酸乙酯呈现果香,乙酸芳樟酯可呈现薰衣草香^[20],相较于乙酸芳樟酯,乙酸乙酯的相对含量更高。

醚类化合物共检出 5 种,占总挥发性成分的 0.66%~8.24%,川郫样品含量最高。烯丙基二硫为共有物质,具有大蒜香,是大蒜的典型风味物质,含硫化合物阈值较低,在微量条件下也会产生特殊风味^[26],可用于调配大蒜、辣椒、洋葱等香精。二烯丙基硫醚可用于配制洋葱、辣椒和芥菜等香精,为大蒜主要挥发成分^[27]。因此推测这几种醚类物质对样品风味形成具有重要意义。

其他化合物共检出 4 种,占总挥发性成分的 0.13%~4.16%,川老汇样品含量最高。其中茴香脑为共有物质,具有茴香和香辛料的气味,是辣椒的重要香气成分^[28]。

在鱼香味型复合调味料的成分中,酸类、饱和醇和烃类风味作用较小,非饱和醇中丙烯醇含量最多,极有可能是大蒜加热后所生成^[29]。醛类、酮类、酯类

和醚类阈值较低,对风味形成的作用可能更大。

2.1.2 麻辣味型复合调味料挥发性风味成分分析

由表 8 和表 9 可以看出,麻辣味型复合调味料样品中共检测到了 64 种挥发性成分,包括醇类 6 种,醚类 1 种,醛类 9 种,酸类 8 种,烃类 27 种,酮类 1 种,酯类 5 种,其他 7 种。其中,川老汇样品中共检测出 27 种、川郫样品中共检测出 27 种、娟城样品中共检测出 25 种、绍丰和样品中共检测出 25 种、恒星样品中共检测出 22 种、丹丹样品中共检测出 30 种挥发性风味物质。

表 8 麻辣味型复合调味料各样品风味物质及相对含量

Table 8 Flavor substances and relative contents in various samples of spicy compound seasonings

序号	CAS号	中文名称	英文名称	分子式	相对含量(%)					
					CLH	CP	JC	SFH	HX	DD
醇类										
1	64-17-5	乙醇	Ethanol	C ₂ H ₆ O	6.79	6.96	8.00	6.77	6.06	5.59
2	35301-43-0	2-乙基环丁醇	Cyclobutanol	C ₆ H ₁₂ O	0	2.69	2.72	0	0	0
3	89794-28-5	2,4-二甲基-环戊醇	2,4-Dimethylcyclopentanol	C ₇ H ₁₄ O	0	0.84	0.89	0	0	0
4	99-48-9	L-香芹醇	Carveol	C ₁₀ H ₁₆ O	0	0	0	0	0.04	0
5	7731-29-5	trans-4-甲基环己醇	Cyclohexanol, 4-methyl-, trans-	C ₇ H ₁₄ O	0	0	0	0	1.28	0
6	470-82-6	桉叶油醇	Cineole	C ₁₀ H ₁₈ O	4.87	5.00	5.58	5.41	5.90	5.11
醚类										
7	109-92-2	乙烯基乙醚	Ethene	C ₄ H ₈ O	0	0	0	2.93	3.22	0
醛类										
8	590-86-3	异戊醛	Isovaleraldehyde	C ₅ H ₁₀ O	2.64	3.41	4.78	3.59	3.7	2.93
9	96-17-3	2-甲基丁醛	2-Methylbutanal	C ₅ H ₁₀ O	3.73	6.26	6.21	5.97	6.50	4.94
10	66-25-1	正己醛	Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	5.48	0.79	1.10	0.62	0.59	0.64
11	498-60-2	3-糠醛	3-Furaldehyde	C ₅ H ₄ O ₂	6.24	0	0	0	0	0
12	100-52-7	苯甲醛	Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	0.05	0.10	0	0	0	0.19
13	111-30-8	戊二醛	Glutaraldehyde	C ₅ H ₈ O ₂	0	0	0	1.99	0	0
14	124-19-6	壬醛	Nonanal	C ₉ H ₁₈ O	0	0	0	0	0	0.49
15	497-03-0	顺-2-甲基-2-丁醛	2-Butenal, 2-methyl-, (E)-	C ₅ H ₈ O	0	0	0.31	0	0	0.52
16	122-78-1	苯乙醛	Benzeneacetaldehyde	C ₈ H ₈ O	0	0	0	0	0	0.30
酸类										
17	1115-65-7	L-半胱亚磺酸	L-Cysteine sulfinic acid	C ₃ H ₇ NO ₄ S	4.04	0	0	0	0	0
18	64-19-7	乙酸	Acetic acid	C ₂ H ₄ O ₂	4.43	1.59	0.53	0	0.95	1.18
19	502-50-1	4-酮庚二酸	4-Ketopimelic	C ₇ H ₁₀ O ₅	0.14	0	0.16	0	0	0
20	13881-91-9	氨基甲磺酸	Aminomethanesulfonic acid	CH ₃ NO ₃ S	0	0.58	0.31	0	0	0
21	328-50-7	α-酮戊二酸	2-Oxopentanedioic acid	C ₅ H ₆ O ₅	0	0	0	0.13	0	0
22	498-40-8	L-磺基丙氨酸	L-Alanine	C ₃ H ₇ NO ₅ S	0	0	0	0.46	0	0.37
23	6647-98-9	4-碘-1-甲基-1H-吡唑-3-羧酸	Pyrazole-3-carboxylic acid, 4-iodo-1-methyl-	C ₅ H ₃ IN ₂ O ₂	0	0	0	0	0	0.17
24	92437-43-9	2-甲基-1-苯基-1H-苯并咪唑-5-羧酸	Benzimidazole-5-carboxylic acid, 2-methyl-1-	C ₁₅ H ₁₂ N ₂ O ₂	0	0	0	0	0	0.11
烃类										
25	503-30-0	三甲氧基酯	Trimethylene oxide	C ₃ H ₆ O	21.43	19.21	18.18	18.32	0	13.77
26	558-30-5	甲基环氧丙烷	Isobutylene epoxide	C ₄ H ₈ O	3.24	0	0	0	0	2.57
27	142-82-5	庚烷	Heptane	C ₇ H ₁₆	0.81	0	0	0	0	0
28	544-25-2	环庚三烯	1,3,5-Cycloheptatriene	C ₇ H ₈	4.81	0.23	0	0	0	0
29	18368-95-1	p-薄荷三烯	1,3,8-p-Menthatriene	C ₁₀ H ₁₄	11.63	4.24	5.92	5.95	7.43	6.93
30	99-85-4	γ-松油烯	γ-Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	1.49	0.33	1.73	0	1.99	2.64
31	79-92-5	莰烯	Camphene	C ₁₀ H ₁₆	0.15	0	0	0	0	0
32	100-41-4	乙基苯	Ethylbenzene	C ₈ H ₁₀	0.12	0	0.21	0	0	0
33	5208-49-1	(1S,3R)-顺式-4-萜烯	4-Carene	C ₁₀ H ₁₆	0.65	1.72	0	0.52	0	0
34	127-91-3	β-蒎烯	β-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	2.28	1.87	0	0	0	2.97
35	527-84-4	邻-异丙基苯	o-Cymene	C ₁₀ H ₁₄	1.18	0.44	1.46	2.71	1.82	6.27
36	5989-27-5	d-柠檬烯	D-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	5.16	0	0	0	0	5.80
37	13466-78-9	3-萜烯	3-Carene	C ₁₀ H ₁₆	0.69	0	0.50	0.77	0.70	0
38	586-62-9	萜品油烯	Cyclohexene	C ₁₀ H ₁₆	2.24	10.39	10.21	16.60	14.60	2.82
39	99-87-6	4-异丙基甲苯	p-isopropyltoluene	C ₁₀ H ₁₄	0	0.83	0	0	2.34	0
40	535-77-3	间异丙基甲苯	m-cymene	C ₁₀ H ₁₄	0	1.11	0	0	0	0

续表 8

序号	CAS号	中文名称	英文名称	分子式	相对含量(%)					
					CLH	CP	JC	SFH	HX	DD
41	80-56-8	α -蒎烯	alpha-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	0	0.53	0	0	0	0
42	768-49-0	2-甲基-1-苯基丙烯	Benzene,(2-methyl-1-propen-1-yl)-	C ₁₀ H ₁₂	0	0.13	0	0	0	0.14
43	765-46-8	螺[2.4]庚-4,6-二烯	Spiro[2,4]hepta-4,6-diene	C ₇ H ₈	0	0	0	0.21	0.15	0.30
44	921-47-1	2,3,4-三甲基正己烷	Hexane, 2,3,4-trimethyl-	C ₉ H ₂₀	0	0	0	0.32	0	0
45	2213-23-2	2,4-二甲基庚烷	Heptane, 2,4-dimethyl-	C ₉ H ₂₀	0	0	1.21	0	0.14	0
46	513-35-9	2-甲基-2-丁烯	2-Butene, 2-methyl-	C ₅ H ₁₀	0	0	0	0	0	0
47	2039-90-9	2,6-二甲基苯乙烯	Benzene, 2-ethenyl-1,3-dimethyl-	C ₁₀ H ₁₂	0	0	0	0	0.11	0
48	110-54-3	正己烷	n-Hexane	C ₆ H ₁₄	0	0	0	0	0	3.50
49	2080-89-9	3-乙基-1,4-己二烯	1,4-Hexadiene, 3-ethyl-	C ₈ H ₁₄	0	0	0	0	0	0.07
50	502-99-8	3,7-二甲基-1,3,7-辛三烯	1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl-	C ₁₀ H ₁₆	0	0	0	0	0	1.74
51	22635-78-5	螺环[3.3]庚-2,6-二烯	Spiro[3.3]hepta-2,6-diene	C ₇ H ₈	0	0	0.29	0	0	0
酮类										
52	78-93-3	2-丁酮	2-Butanone	C ₄ H ₈ O	0	3.29	0	0	0	2.56
酯类										
53	141-78-6	乙酸乙酯	Ethyl Acetate	C ₄ H ₈ O ₂	3.13	2.15	1.97	2.61	3.70	2.33
54	1224-46-0	苯基氨基甲酸酯	Carbamic acid	C ₁₇ H ₂₃ NO ₂	0.21	0	0.41	0.25	0.21	0
55	107-31-3	甲酸甲酯	Methyl formate	C ₂ H ₄ O ₂	0	0	0	1.30	0	0
56	93-89-0	苯甲酸乙酯	Benzoic acid	C ₉ H ₁₀ O ₂	0	0	0	0.17	0	0
57	25415-67-2	异己酸乙酯	Pentanoic acid	C ₈ H ₁₆ O ₂	0	0	0	0	0	0.09
其他										
58	104-46-1	茴香脑	Anethole	C ₁₀ H ₁₂ O	0.41	0.11	0.08	0.10	0	0.15
59	135004-95-4	4,6,6-三甲基-2-甲酰甲基双环[3.1.1]3-庚烯	2-Formymethyl-4,6,6-trimethylbicyclo[3.1.1]hept-3-ene	C ₁₂ H ₁₈ O	0	0.66	2.10	2.80	0	0
60	460-01-5	(3E,5E)-2,6-二甲基-1,3,5,7-辛四烯	2,6-Dimethyl-1,3,5,7-octatetraene, E,E-	C ₁₀ H ₁₄	0	0.12	0	0.40	0	0
61	767-58-8	1-甲基茛满	Indan, 1-methyl-	C ₁₀ H ₁₂	0	0	0	0.07	0	0
62	7713-69-1	N-甲基异丁胺	N,1-dimethylpropylamine	C ₅ H ₁₃ N	0	0	0	0	18.12	0
63	3299-32-9	2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环	1,3-Dioxolane, 2,4,5-trimethyl-	C ₆ H ₁₂ O ₂	0	0	0	0	0.08	0
64	62338-57-2	3-乙烯基-1,2-二甲基-1,4-环己二烯	1,4-Cyclohexadiene, 3-ethenyl-1,2-dimethyl-	C ₁₀ H ₁₃	0	0	0.36	0	0	0

表 9 麻辣味型复合调味料各样品挥发性成分种类数及相对含量

Table 9 Types and relative content of volatile components in various samples of spicy compound seasonings

序号	挥发性成分	CLH		CP		JC		SFH		HX		DD	
		种类数	相对含量(%)	种类数	相对含量(%)	种类数	相对含量(%)	种类数	相对含量(%)	种类数	相对含量(%)	种类数	相对含量(%)
1	醇类	2	11.66	4	15.49	4	17.19	2	12.18	4	13.28	2	10.70
2	醚类	0	0	0	0	0	0	1	2.93	1	3.22	0	0
3	醛类	5	18.14	4	10.56	4	12.40	4	12.17	3	10.79	7	10.01
4	酸类	3	8.61	2	2.17	3	1.00	2	0.59	1	0.95	4	1.83
5	烃类	14	55.88	12	41.03	9	39.71	8	45.40	9	29.28	13	49.52
6	酮类	0	0	1	3.29	0	0	0	0	0	0	1	2.56
7	酯类	2	3.34	1	2.15	2	2.38	4	4.33	2	3.91	2	2.42
8	其他	1	0.41	3	0.89	3	2.54	4	3.37	2	18.20	1	0.15

挥发性成分中,酸类物质占总挥发性成分的 0.59%~8.61%,川老汇样品含量最高。酸类主要为乙酸、氨基甲磺酸、4-酮庚二酸等,对于风味形成的作用都较小。

醇类占总挥发性成分的 10.70%~17.19%,主要为乙醇、2-乙基环丁醇、桉叶油醇,共有物质有乙醇和桉叶油醇,乙醇为饱和醇,其余 5 种为非饱和醇。娟城样品中非饱和醇含量最高。L-香芹醇是橡皮糖调和香料的主要原料,桉叶油醇有草药味。

烃类占总挥发性成分的 29.28%~55.88%,共有

物质有 p-薄荷三烯、邻-异丙基苯和萜品油烯,川老汇样品含量最高。萜烯、 β -蒎烯具有调节松节油、树脂香气, α -蒎烯具有柠檬、柑橘香味,d-柠檬烯和 β -蒎烯还是孜然粉的主要风味成分,萜品油烯具有柠檬味,乙基苯和 4-异丙基甲苯是制作香料的中间体,具有芳香味。烃类化合物主要来源脂肪氧化或氨基酸氧化,对样品的风味的影响较小^[30]。

醛类和酮类分别占总挥发性成分的 10.01%~18.14% 和 0~3.29%。醛类共有物质为异戊醛、正己醛和 2-甲基丁醛,共同赋予调味料青草气和苹果香气,

糠醛和甲醛可赋予杏仁、樱桃及坚果香,壬醛、苯乙醛分别具有板油气息和甜芳香味^[20],醛类含量最高的是川老汇样品。酮类检出量最少,酮类化合物可能是醇类的氧化物或酯类的分解产物^[31],样品中只检测出 2-丁酮 1 种酮类化合物。

酯类占总挥发性成分的 2.15%~4.33%,主要有乙酸乙酯、苯基氨基甲酸酯等 5 种物质,赋予花果芳香气味,乙酸乙酯为共有物质,绍丰和样品含酯类最高。酯类物质会赋予食品甜香气味和轻微油脂气味,即使在很低的浓度条件下也对食品的香味起着非常重要的作用^[32]。

酸类占总挥发性成分的 0.00%~3.22%,恒星样品含量最高。仅检出乙基乙醚 1 种物质,可以调制食品香料。

其他化合物检出 7 种,占总挥发性成分的 0.15%~18.20%,恒星样品含量最高。

在麻辣味型复合调味料的几种成分种,酸类、饱和醇和烃类风味影响较小,非饱和醇、醛类、酮类、酯类和醚类阈值较低,对风味形成的影响可能更大。

2.2 两种复合调味料的聚类分析 (CA)

图 1 聚类热图分析结果显示,6 种不同品牌郫县豆瓣制成的鱼香味型复合调味料样品可聚为 4 类,其中川老汇样品聚为一类,娟城样品聚为一类,恒星和丹丹样品聚为一类,川郫和绍丰和样品聚为一类。说明 6 种样品中,恒星和丹丹样品挥发性物质相似,川郫和绍丰和样品挥发性物质相似,各类别间存在显著性差异。图 2 中,6 种不同品牌郫县豆瓣制成的麻辣味型复合调味料样品可聚为 3 类,其中川郫和娟城样品聚为一类,挥发性物质较为相似,绍丰和和恒星样品聚为一类,川老汇和丹丹样品聚为一类,与其他类别有着较大差异。

鱼香味型 6 个样品检测出共有物质有乙醇、L-香芹醇、桉叶油醇、烯丙基二硫、异戊醛、正己醛、3-糠醛、乙酸、苧烯、 α -姜黄烯和茴香脑共 11 种,对比 6 个样品醛类、酮类、酯类和醚类挥发性物质种类及含量,恒星和丹丹中异戊醛、2-甲基丁醛和 3-糠醛含量均高于其他 4 种样品,糠醛含量相比于川郫却较低。川郫在醚类中乙基丙基醚和二烯丙基硫醚含量最高,烯丙基二硫含量较高,低于娟城和绍丰和。相较于其他样品,川郫醚类总含量最高,醛类和酯类总含量处于中间值。6 种样品的酮类含量都极少,酸类物质和烃类物质相对含量较高,主体物质决定了主要的风味^[33],但酸类物质一般起调和作用,烃类阈值高,对风味影响作用较低。因此可以推断在鱼香味型风味的形成过程中,醛类的含量和种类、酯类和醚类的含量对于鱼香味型复合调味料风味的形成具有重要意义。

乙醇、桉叶油醇、异戊醇、2-甲基丁醛、正己醛、p-薄荷三烯、邻-异丙基苯、蒎品油烯、乙酸乙酯,共 9 种物质为麻辣味型 6 个样品的共有物质,挥发性成

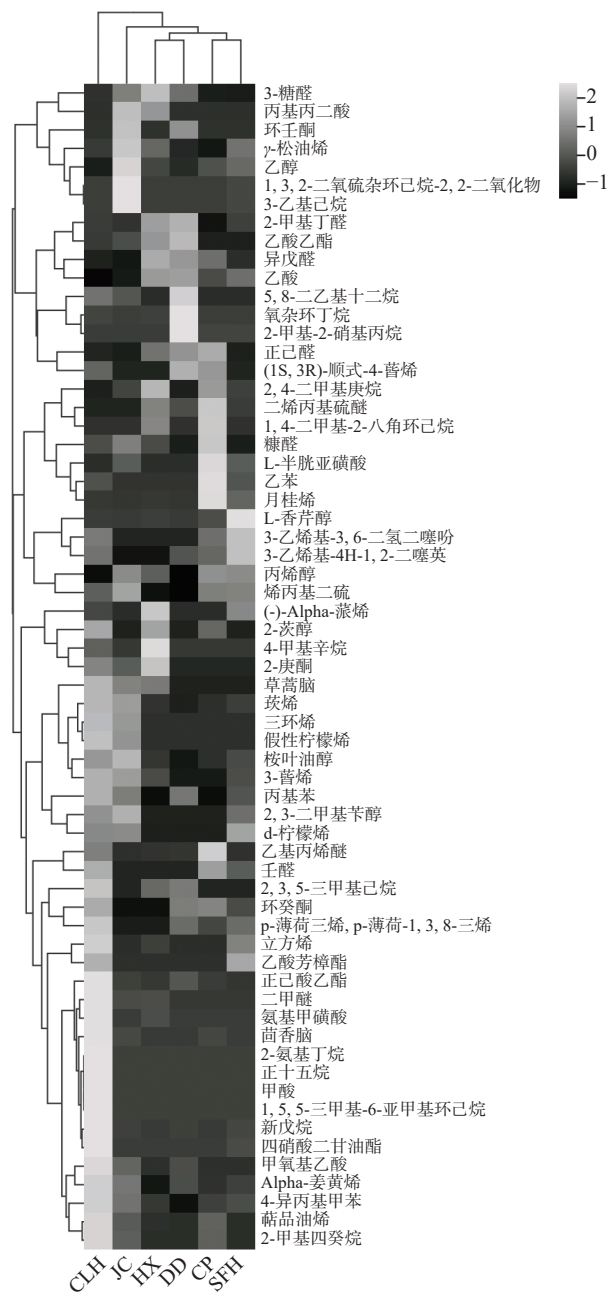


图 1 鱼香味型复合调味料聚类分析热图

Fig.1 Heat map of fish flavor type compound seasoning cluster analysis

分中仅川老汇含有 3-糠醛,且苯甲醛含量较高,其醛类物质总含量远高于其他样品,未检出酮类和醚类,非饱和醇虽然含量较低,但主体成分桉叶油醇和其他样品含量相近,酯类中乙酸乙酯为主要物质,含量与其他样品相差不大。说明川老汇所制成品区别于其他样品的主要因素为醛类的种类和含量,这可能是川老汇感官性状突出的原因。

有研究表明,在制作复合调味料的工艺中,有些组分间可能相互混合反应,随着工艺温度的升高,氧化还原反应速率将增大,相应产物也增加。对比鱼香味型和麻辣味型复合调味料,工艺流程相似,但是部分原料不同,所检测到的挥发性物质也具有很大差异性,因而影响最终产生的挥发性风味物质的不仅有加

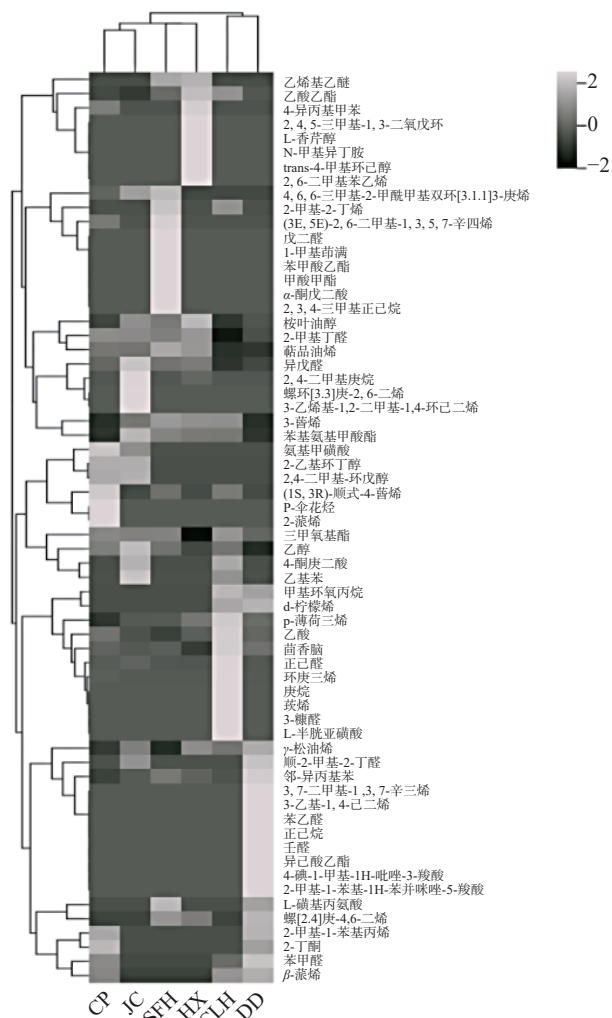


图2 麻辣味型复合调味料聚类分析热图

Fig.2 Heat map of spicy flavor type compound seasoning cluster analysis

热方式和加热温度^[34-35],还有不同原料组分之间的相互作用,这为优化复合调味料配方提供了研究方向。

2.3 两种复合调味料的感官评价结果

通过对两种复合调味料的样品进行感官评分,结果见图3和图4。

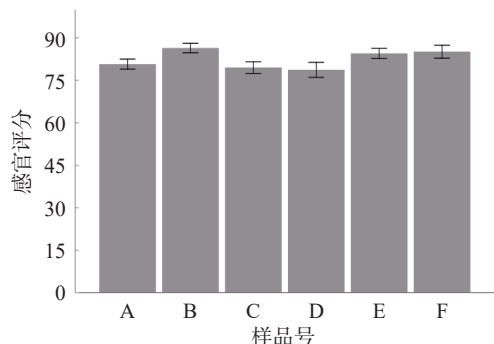


图3 鱼香味型复合调味料感官评分

Fig.3 Sensory scoring of fish-flavored compound seasonings
注: A.川老汇; B.川郫; C.娟城; D.绍丰和; E.恒星; F.丹丹。

鱼香味型复合调味料6个样品均具有色泽红亮、鱼香味浓郁的特征,川郫、恒星和丹丹样品的感

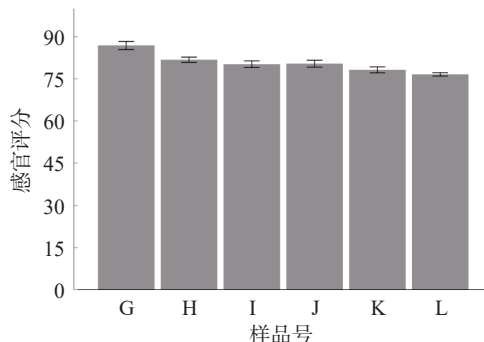


图4 麻辣味型复合调味料感官评分

Fig.4 Sensory score of spicy flavor compound seasoning

注: G.川老汇; H.川郫; I.娟城; J.绍丰和; K.恒星; L.丹丹。

官评分较好。麻辣味型复合调味料中,川老汇评分最高,呈现出红润色泽,香气浓郁和谐,具有较突出的麻辣味。

3 结论

以不同品牌郫县豆瓣为原料,在标准化工工艺下制作的鱼香味型和麻辣味型复合调味料,口感细腻、香味突出、质量安全,结合化学计量学和感官性状分析不同品牌郫县豆瓣对复合调味料挥发性风味的影响。鱼香味型复合调味料样品中共鉴定出63种挥发性成分,其中醇类6种,醚类5种,醛类6种,酸类6种,烃类28种,酮类3种,酯类5种,其他化合物4种,乙醇、L-香芹醇、桉叶油醇、烯丙基二硫、异戊醛、正己醛、3-糠醛、乙酸、苡烯、α-姜黄烯和茴香脑共11种物质为共有物质。麻辣味型复合调味料样品中共检测到了64种挥发性成分,包括醇类6种,醚类1种,醛类9种,酸类8种,烃类27种,酮类1种,酯类5种,其他7种。共有物质有乙醇、桉叶油醇、异戊醇、2-甲基丁醛、正己醛、p-薄荷三烯、邻-异丙基苯、萘品油烯、乙酸乙酯共9种物质。GC-MS数据聚类分析结果显示鱼香味型复合调味料中恒星和丹丹豆瓣制备的成品风味相似度较高,麻辣味型中川老汇和丹丹豆瓣制备的成品风味相似度较高。

研究表明,不同品牌郫县豆瓣对鱼香味型和麻辣味型复合调味料的风味的影响存在显著差异,鱼香味型复合调味料中,川郫、恒星和丹丹豆瓣所制成品在醛类、酯类和醚类挥发性物质的种类和含量上有较高含量,主要体现在异戊醛、正己醛、烯丙基二硫和二烯丙基硫醚等物质,对鱼香味型复合调味料风味的形成有较大作用,川老汇豆瓣增强麻辣味型复合调味料风味的优势体现在醛类物质的种类和含量上,主要表现为正己醛和3-糠醛等物质含量丰富。

研究结果表明气质联用结合化学计量学方法和感官评价,可以更全面的分析不同品牌郫县豆瓣对复合调味料中的挥发性风味物质的影响程度,为鱼香味型和复合味型以及其他味型复合调味料工业化生产提供产品参考。同时研究对比鱼香味型和麻辣味型复合调味料挥发性物质差异,综合感官评价,发现影

响最终产物的风味物质的因素还有不同原料组分之间的相互作用,为复合调味料配方的优化提供了可能的研究方向。

参考文献

- [1] 王福清,易静薇.复合调味料的生产及研究进展[J].*中国调味品*,2021,46(10):193-197. [WANG F Q, YI J W. Production and research progress of compound seasonings[J]. *Chinese Seasonings*, 2021, 46(10): 193-197.]
- [2] 张珏琪,章慧莺,陈海涛,等.鱼香肉丝挥发性风味成分的分离与鉴定[J].*精细化工*,2014,31(10):1220-1228,1234. [ZHANG Y Q, ZHANG H Y, CHEN H T, et al. Separation and identification of volatile flavor components of shredded fish aroma[J]. *Fine Chemicals*, 2014, 31(10): 1220-1228, 1234.]
- [3] 张茜.郫县豆瓣的历史辨析及使用价值探讨[J].*中国调味品*,2017,42(10):176-180. [ZHANG Q. Historical analysis and use value of douban in Pixian County[J]. *Chinese Condiments*, 2017, 42(10): 176-180.]
- [4] 四川烹饪高等专科学校. SB/T 10946-2012 川菜烹饪工艺[S]. 北京:中国标准出版社,2012. [Sichuan Culinary College. SB/T 10946-2012 Sichuan cuisine cooking technology[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.]
- [5] 黄著,彭熙敏,刘超兰,等.郫县豆瓣挥发性香气成分剖析及其在陈酿过程中的变化研究[J].*中国调味品*,2009,34(3):106-111. [HUANG Z, PENG X M, LIU C L, et al. Analysis of volatile aroma components of Douban in Pixian County and its changes in the aging process[J]. *China Condiment*, 2009, 34(3): 106-111.]
- [6] 叶玉娇.基于多元分析的郫县豆瓣后发酵阶段风味物质变化研究[D].成都:西华大学,2021. [YE Y J. Study on the change of flavor substances in the post-fermentation stage of Douban in Pixian County based on multivariate analysis[D]. Chengdu: Xihua University, 2021.]
- [7] DING W, ZHAO X Y, XIE S, et al. Dynamics and correlation of microbial community and flavor in Pixian Douban fermented with closed process of constant temperature[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2020, 101(10): 4142-4153.
- [8] 范智义,邓维琴,李恒,等.不同品牌郫县豆瓣品质指标分析[J].*食品与发酵工业*,2020,46(13):230-236. [FAN Z Y, DENG W Q, LI H, et al. Analysis of quality index of Douban in Pixian County of different brands[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2020, 46(13): 230-236.]
- [9] PINO-GARCÍA R D, GONZÁLEZ-SANJOSÉ M L, RIVERO-PÉREZ M D, et al. The effects of heat treatment on the phenolic composition and antioxidant capacity of red wine pomace seasonings[J]. *Food Chemistry*, 2017, 221: 1723-1732.
- [10] 陈丽兰,陈祖明,袁灿.郫县豆瓣炒制后挥发性风味物质的分析[J].*中国调味品*,2020,45(4):177-180. [CHEN L L, CHEN Z M, YUAN C. Analysis of volatile flavor compounds after stir-frying of Pixian bean paste[J]. *China Condiment*, 2020, 45(4): 177-180.]
- [11] 杨林子,卢云浩,何强.基于培养鉴定法和高通量测序技术分析郫县豆瓣微生物群落结构演替[J].*中国调味品*,2020,45(6):63-68. [YANG L Z, LU Y H, HE Q. Analysis of microbial community structure succession of Douban in Pixian County based on culture identification method and high-throughput sequencing technology[J]. *Chinese Condiment*, 2020, 45(6): 63-68.]
- [12] ZENG C Y, XU C, TIAN H Y, et al. Determination of aflatoxin B1 in Pixian Douban based on aptamer magnetic solid-phase extraction[J]. *RSC Advances*, 2022, 12(30): 19528-19536.
- [13] 冉玉琴.郫县豆瓣后发酵期脂肪酸、糖及生物胺变化研究[D].成都:西华大学,2020. [RAN Y Q. Study on changes of fatty acids, sugars and biogenic amines during the post-fermentation period of Douban in Pixian County[D]. Chengdu: Xihua University, 2020.]
- [14] 刘平,王雪梅,向琴,等.郫县豆瓣智能后发酵工艺优化及品质分析[J].*食品科学*,2020,41(22):166-176. [LIU P, WANG X M, XIANG Q, et al. Optimization and quality analysis of intelligent post-fermentation process of Douban in Pixian County[J]. *Food Science*, 2020, 41(22): 166-176.]
- [15] 安文杰,卢利平,雷佳欣,等.响应面法优化花椒叶复合调味料配方的研究[J].*农产品加工*,2022(12):46-51. [AN W J, LU L P, LEI J X, et al. Study on optimization of compound seasoning formula of *Zanthoxylum zanthoxylum* leaves by response surface method[J]. *Agro-Products Processing*, 2022(12): 46-51.]
- [16] KUSUMADEVI Z, SAPUTRO D, DEWI A K, et al. Physical characteristics of compound chocolate made with various flavouring agents produced using melanger as a small scale chocolate processing device[J]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021(1): 12036.
- [17] 孟刚.复合调味品:健康和美味一个都不能少[J].*农产品市场*,2021(21):58-59. [MENG G. Compound condiments: Healthy and delicious are not less[J]. *Agricultural Products Market*, 2021(21): 58-59.]
- [18] 易宇文,胡金祥,杨进军,等.基于电子鼻和气质联用分析郫县豆瓣对鱼香调味汁的风味贡献[J].*食品与发酵工业*,2019,45(7):276-283. [YI Y W, HU J X, YANG J J, et al. Analysis of flavor contribution of Pixian Douban to fish flavor sauce based on electronic nose and gas chromatography[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2019, 45(7): 276-283.]
- [19] LUCA M D, TEROUZI W, IOELE G, et al. Derivative FTIR spectroscopy for cluster analysis and classification of Morocco olive oils[J]. *Food Chemistry*, 2011, 124(3): 1113-1118.
- [20] 孙宝国.食用调香术(第三版)[M].北京:化学工业出版社,2016:244-228. [SUN B G. Edible perfumery (third edition)[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2016: 244-228.]
- [21] 李伟丽,袁旭,刘玉淑,等.郫县豆瓣酱风味成分的全二维气相色谱-飞行时间质谱分析[J].*食品科学*,2019,40(6):261-265. [LI W L, YUAN X, LIU Y S, et al. Full 2D gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry analysis of flavor components of Pixian bean paste[J]. *Food Science*, 2019, 40(6): 261-265.]
- [22] 樊美琪,杨芳,贾洪峰,等.基于GC-MS探究郫县豆瓣和豆豉对盐煎肉挥发性风味物质的影响[J].*食品工业科技*,2021,42(13):274-283. [FAN M Q, YANG F, JIA H F, et al. Effects of Pixian Douban and tempeh on volatile flavor substances of salt-fried meat based on GC-MS[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(13): 274-283.]
- [23] 李玉芳.烯丙醇的生产方法及其下游产品开发[J].*化工中间体*,2003(7):18-19. [LI Y F. Production method of allyl alcohol and its downstream product development[J]. *Chemical Intermediates*, 2003(7): 18-19.]
- [24] 陈丽兰,陈祖明,杜莉.烤肉酱挥发性风味物质的分析[J].*中国调味品*,2018,43(10):156-159. [CHEN L L, CHEN Z M, DU L. Analysis of volatile flavor compounds in barbecue sauce[J]. *China Condiment*, 2018, 43(10): 156-159.]
- [25] 秦伟军,王建国.食醋酿造中酯类生成及酯化酶的应用研究[J].*中国调味品*,2020,45(10):126-129. [QIN W J, WANG J Y. Application of ester formation and esterases in vinegar brewing[J]. *China Condiment*, 2020, 45(10): 126-129.]
- [26] YU A N, TAN Z W, WANG F S. Mechanism of formation of

- sulphur aroma compounds from L-ascorbic acid and L-cysteine during the Maillard reaction[J]. *Food Chemistry*, 2012, 132(3): 1316–1323.
- [27] 袁华伟, 尹礼国, 徐洲, 等. SPME/GC-MS 联用分析六种香料挥发性成分[J]. *中国调味品*, 2018, 43(9): 151–159. [YUAN H W, YIN L G, XU Z, et al. Analysis of volatile components of six spices by SPME/GC-MS[J]. *China Condiment*, 2018, 43(9): 151–159.]
- [28] 孙旭媛, 刘元法, 李进伟. HS-SPME-GC-MS 分析 4 种植物油加热氧化挥发性产物[J]. *中国油脂*, 2018(10): 20–25. [SUN X Y, LIU Y F, LI J W. Analysis of four vegetable oil heating oxidative volatile products by HS-SPME-GC-MS[J]. *China Oils and Fats*, 2018(10): 20–25.]
- [29] 范波, 蔡斌, 王鹏, 等. 加热方式对大蒜挥发性物质的影响[J]. *中国调味品*, 2022, 47(3): 72–77. [FAN B, CAI Y, WANG P, et al. Effects of heating method on volatile substances of garlic[J]. *China Condiment*, 2022, 47(3): 72–77.]
- [30] STAHNKE L H. Dried sausages fermented with *Staphylococcus xylosus* at different temperatures and with different ingredient levels[J]. *Meat Science*, 1995, 41(2): 211–223.
- [31] DU M, ALAN D U. Volatile substance of Chinese traditional Jinhua ham and Cantonese sausage[J]. *Food Chemistry and Toxicology*, 2001, 66(6): 827–831.
- [32] SUN W, ZHAO Q, ZHAO H, et al. Volatile compounds of Cantonese sausage released at different stages of processing and storage[J]. *Food Chemistry*, 2010, 121(2): 319–325.
- [33] 贺羽, 王帅, 姚俊胜, 等. 基于电子鼻和电子舌分析不同酿造阶段柠檬果醋气、味差异[J]. *中国调味品*, 2018, 43(12): 154–159. [HE Y, WANG S, YAO J S, et al. Analysis of gas and taste differences of lemon fruit vinegar in different brewing stages based on electronic nose and electronic tongue[J]. *China Condiment*, 2018, 43(12): 154–159.]
- [34] 王秋玉, 章海风, 朱文政, 等. 不同加热方式对冷冻豆沙包食用品质及挥发性物质的比较分析[J]. *现代食品科技*, 2021, 37(6): 266–275. [WANG Q Y, ZHANG H F, ZHU W Z, et al. Comparative analysis of edible quality and volatile substances of frozen bean paste buns by different heating methods[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2021, 37(6): 266–275.]
- [35] 周明珠, 熊光权, 乔宇, 等. 复热处理的鲈鱼挥发性成分分析[J]. *现代食品科技*, 2020, 36(4): 277–283. [ZHOU M Z, XIONG G Q, QIAO Y, et al. Analysis of volatile components of reheat treated sea bass[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2020, 36(4): 277–283.]