

基于 GC-MS 技术的新疆椒麻鸡汤料挥发性成分的鉴定与分析

耿秋月¹, 田洪磊^{1,2}, 詹萍¹, 王鹏¹

(1. 石河子大学食品学院, 新疆石河子 832000) (2. 北京工商大学食品学院, 北京 100048)

摘要: 为探究新疆椒麻鸡的特征挥发性成分, 采用气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 技术对石河子不同餐馆的 8 个椒麻鸡样本的挥发性成分分离鉴定, 并结合聚类分析 (HCA)、主成分分析法 (PCA) 构建 8 组椒麻鸡汤料的挥发性物质相关性模型, 得出不同样本间关键性差异物质。研究显示: 已检测出的 74 种挥发性风味成分, 分成 8 类, 包括烃类 (30 种), 醇类 (10 种), 醛类 (10 种), 酯类 (6 种), 酮类 (8 种), 杂环类化合物 (5 种), 硫醚类化合物 (3 种) 及醚类 (2 种)。其中烃类 (17.27%~74.22%) 和醇类 (14.77%~56.75%) 含量较高, 其次为酯类 (0.50%~22.31%) 和杂环类 (0.55%~11.36%)。含量较高的化合物有芳樟醇 (3.03%~37.31%), D-柠檬烯 (5.60%~25.72%)。确定芳樟醇、D-柠檬烯和 2,4-癸二烯醛等化合物在椒麻鸡特征风味形成中起关键作用。

关键词: 椒麻鸡; 气相色谱-质谱联用; 关键挥发性成分; 聚类分析; 主成分分析

文章编号: 1673-9078(2017)11-243-250

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.11.035

Identification and Analysis of Volatile Components of Xinjiang Pepper Chicken Soup by GC-MS

GENG Qiu-yue¹, TIAN Hong-lei^{1,2}, ZHAN Ping¹, WANG Peng¹

(1. Food College of Shihezi University, Shihezi 832000, China)

(2. Food College of Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: The gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was used to isolate and identify the volatile compounds of 8 pepper chicken samples from different restaurants in Shihezi for investigating the characteristic volatiles of Xinjiang pepper chicken soup, meanwhile the correlation models of volatile compounds in 8 pepper chicken samples were established to obtain the key differences among the samples by hierarchical cluster analysis (HCA) and principal component analysis (PCA). Results showed that 74 kinds of volatile flavor compounds that had been detected were classified into 8 categories, including hydrocarbons (30), alcohols (10), aldehydes (10), esters (6), ketones (8), heterocyclic compounds (8), ethers (2) and sulfoethers (2). The contents of hydrocarbons (17.27%~74.22%) were the highest, followed by alcohols (14.77%~56.75%), esters (0.50%~22.31%) and heterocycles (0.55%~11.36%). Compounds with higher contents were linalol (3.03%~37.31%) and D-limonene (5.60%~25.72%). Consequently, linalol, D-limonene and 2,4-decadienal played a key role in the formation of characteristic flavor of Pepper Chicken was identified.

Key words: pepper chicken; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); key volatile components; hierarchical cluster analysis (HCA); principal component analysis (PCA)

目前结合现代检测技术对食品特征风味物质进行鉴定追溯, 已经成为特色食品风味品质强化策略与调味品定向制备的重要基础, 如徐晓兰等^[1]对酱香鸡的风味物质进行了提取, 发现醛类、醚类和含氮含硫以

收稿日期: 2017-06-09

基金项目: 国家十三五重点研发计划项目 (2016YFD0400705); 中国博士后基金面上项目 (2016M591029); 石河子大学杰出青年项目 (2015ZRKXJQ04)

作者简介: 耿秋月 (1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品风味化学
通讯作者: 田洪磊 (1979-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 食品风味化学

及杂环化合物对其香气形成起关键作用, 张宁等^[2]对肯德基吮指原味鸡的挥发性风味成分进行分析, 得出相关研究成果, 为产品的标准化生产提供了借鉴。目前常用的食品风味检测技术有气相色谱法 (GC) 和气象色谱-质谱联用技术 (GC-MS) 等。GC-MS 检测快速、准确, 能同时对几百种化合物进行分离测定^[3], 为食品中挥发性物质检测提供最佳选择。聚类分析 (HCA) 根据定性定量的数据之间的相似性逐步归群成类, 形成并反映出内在组合关系^[4], 降低了数据处理的难度。主成分分析法 (PCA) 利用函数计算将变

量综合降维、以少带多,对数据影响力进行综合评价[5]。

作为新疆区域特色食品的椒麻鸡具有麻辣鲜香、富有营养等特点,深受消费者的喜爱,已成为丝绸之路饮食文化的标志性特色美食[6]。食用前将多种香辛料复配制成的椒麻汁淋在鸡块上拌匀即形成椒麻鸡特征风味[7],然而椒麻鸡汤料制备以随机配制型为主,传统调味料存在呈味拟合效果差、配伍重组程度低、品质稳态化及安全控制手段滞后等关键科学问题,致使在产业化转变过程中标准化程度明显较低。因此本研究基于 GC-MS 对椒麻鸡的挥发性风味物质进行分析鉴定,然后结合聚类分析、主成分分析法(PCA)构建不同椒麻鸡汤料样本间挥发性物质相关性分析模型,得出不同样本间关键性差异物质。为后期椒麻鸡标准化调味汁的制备提供理论依据与技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

材料:椒麻鸡汤料,取样于石河子市 8 家消费者普遍评价较高的餐馆,取汤汁样品于 45 mL 离心管中, -20 °C 冻藏备用。

1.2 仪器与设备

SPME 萃取装置,美国 Supelco 公司,75 μm CAR/PDMS;气相色谱-质谱联用仪,美国 Finnigan 公司, Finnigan Trace GC/MS。

1.3 实验方法

1.3.1 SPME 法提取挥发性成分

取 7.0 g 椒麻鸡汤汁样品(S1~S8)加入 25 mL 顶空瓶内。萃取前先将 SPME 萃取纤维头(75 μm CAR/PDMS)在 GC-MS 进行老化,空白解析直至无色谱峰出现。将老化后的萃取头插入样品顶空部分,于 50 °C 下平衡吸附 30 min,将吸附后的萃取纤维头取出后立即插入 GC-MS 进样口中,于 250 °C 解吸 5 min,同时启动仪器采集数据。

1.3.2 GC-MS 分析条件

色谱条件:采用 HP-INNOWAX 毛细管柱(60.0 m×0.25 mm, 0.25 μm),进样口温度 250 °C,采用不

分流进样模式。色谱柱采用程序升温:起始柱温为 60 °C,保持 5 min,以 3 °C/min 升温至 120 °C,保持 5 min,然后以 5 °C/min 升到 180 °C,保持 5 min,最后以 10 °C/min 升到 230 °C。载气 He,流速为 1.2 mL/min。

质谱条件:离子源温度为 230 °C, EI 电离源,电子能量 70 eV,传输线温度 280 °C,四级杆温度为 150 °C,扫描范围 30~450 u。接口温度为 250 °C,溶剂延迟 5 min。

1.4 数据处理

以 NIST 谱库为检索检索源对各检测样品中主要挥发性物质进行定性分析,并采用峰面积归一化法对各物质成分进行定量分析。

聚类分析(HCA)和主成分分析(PCA)采用 SPSS 23.0 进行分析。

2 结果与分析

2.1 GC-MS 结果与分析

经 GC-MS 分析,共鉴定出椒麻鸡挥发性风味成分 74 种(详见表 1),其中烃类 30 种,醇类 10 种,醛类 10 种,酯类 6 种,酮类 8 种,杂环类化合物 5 种,硫醚类 3 种及醚类 2 种。其中烃类(16.36%~71.72%)和醇类(14.34%~57.55%)含量较高,其次为酯类(0.61%~22.51%)和杂环类(0.59%~11.58%)。椒麻鸡中各类化合物的含量对比如图 1 所示。

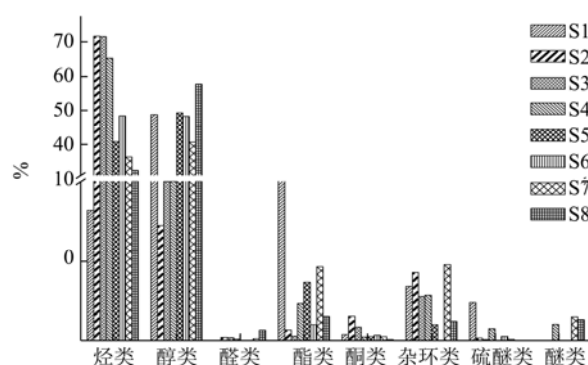


图 1 椒麻鸡汤料中挥发性成分含量对比

Fig.1 Comparison of volatile components contents in pepper chicken soup

表1 椒麻鸡汤料中挥发性风味成分 GC-MS 分析结果

Table 1 Analysis of volatile flavor compounds in pepper chicken soup by GC-MS

物质类别	序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	S1/%	S2/%	S3/%	S4/%	S5/%	S6/%	S7/%	S8/%
烃类	1	8.13	苜烯	C ₁₀ H ₁₆	-	-	-	0.08	0.04	-	0.06	0.30
	2	8.96	β -蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	1.53	0.39	0.23	0.18	0.12	10.36	0.18	0.13
	3	9.42	β -水芹烯	C ₁₀ H ₁₆	1.23	10.44	-	2.51	7.80	5.40	3.39	2.26
	4	9.72	桉烯	C ₁₀ H ₁₆	-	2.60	2.66	1.46	0.07	-	-	2.23
	5	10.08	(1S)-(+)-3-萹烯	C ₁₀ H ₁₆	-	-	0.64	-	-	-	-	0.21
	6	10.11	月桂烯	C ₁₀ H ₁₆	-	9.92	16.13	13.87	5.83	-	6.39	3.08
	7	10.21	α -水芹烯	C ₁₀ H ₁₆	0.32	1.44	3.23	-	0.90	0.99	2.03	0.40
	8	10.49	十二烷	C ₁₂ H ₂₆	0.19	-	-	-	0.15	-	-	-
	9	10.56	D2-萹烯	C ₁₀ H ₁₆	1.10	2.51	5.20	-	1.48	0.66	-	-
	10	10.56	松油烯	C ₁₀ H ₁₆	0.68	1.45	2.09	-	-	-	-	-
	11	10.67	萹品油烯	C ₁₀ H ₁₆	0.69	2.81	0.95	0.63	0.57	0.51	3.31	0.39
	12	11.06	D-柠檬烯	C ₁₀ H ₁₆	5.71	16.02	16.69	27.93	13.38	25.07	12.37	13.42
	13	12.08	(E)-罗勒烯	C ₁₀ H ₁₆	0.84	6.98	5.36	3.00	3.18	1.36	0.97	-
	14	12.09	双戊烯	C ₁₀ H ₁₆	-	-	2.31	-	-	-	3.53	-
	15	12.34	4-亚甲基-1-(1-甲基乙基)-环己烯	C ₁₀ H ₁₆	-	-	1.61	3.40	-	-	-	-
	16	12.54	1-十一炔	C ₁₁ H ₂₀	-	-	-	4.75	0.52	-	-	7.76
	17	12.61	萹品烯	C ₁₀ H ₁₆	2.21	8.29	6.62	3.41	2.34	1.26	1.63	0.78
	18	12.75	(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯	C ₁₀ H ₁₆	0.91	3.97	2.52	2.12	2.01	2.55	1.24	0.85
	19	12.79	1-癸炔	C ₁₀ H ₁₈	-	-	-	-	1.36	-	-	-
	20	12.84	蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	-	-	-	-	-	-	-	0.68
	21	13.74	3-萹烯	C ₁₀ H ₁₆	-	-	0.19	-	-	-	0.55	-
	22	13.78	间异丙基甲苯	C ₁₀ H ₁₄	0.43	-	-	-	-	-	-	-
	23	13.87	邻异丙基甲苯	C ₁₀ H ₁₄	-	1.67	1.45	1.38	-	0.08	0.26	-
	24	14.01	对异丙基甲苯	C ₁₀ H ₁₄	-	0.20	0.73	-	0.94	-	0.32	-
	25	17.76	(4E,6Z)-2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯	C ₁₀ H ₁₆	0.08	1.06	2.17	0.52	0.12	0.10	0.13	-
	26	20.77	2,4-二甲基苯乙烯	C ₁₀ H ₁₂	-	0.18	0.25	-	-	-	-	-
	27	28.11	β -榄香烯	C ₁₅ H ₂₄	-	0.63	0.16	-	-	-	-	-

转下页

接上页

物质类别	序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	S1/%	S2/%	S3/%	S4/%	S5/%	S6/%	S7/%	S8/%
烃类	28	28.46	石竹烯	C ₁₅ H ₂₄	0.31	0.63	-	-	-	-	-	-
	29	30.80	假柠檬烯	C ₁₀ H ₁₆	0.09	0.13	-	-	-	-	-	-
	30	34.45	D-毕澄茄烯	C ₁₅ H ₂₄	0.05	0.30	0.29	-	-	-	-	-
醇类	31	5.89	乙醇	C ₂ H ₆ O	6.35	3.61	10.85	5.01	4.61	7.99	3.42	26.66
	32	17.38	正己醇	C ₆ H ₁₄ O	0.30	0.39	-	0.28	0.16	0.16	0.31	-
	33	21.22	1-辛烯-3-醇	C ₈ H ₁₆ O	-	0.21	-	0.17	-	-	0.11	-
	34	21.51	1-庚醇	C ₇ H ₁₆ O	0.18	0.18	-	-	0.12	-	-	-
	35	22.09	1-甲基-4-(1-甲基乙基)-顺-环己醇	C ₁₀ H ₁₈ O	0.60	1.13	0.33	-	0.16	0.23	0.51	-
	36	26.16	芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	33.18	3.72	3.70	11.27	35.36	39.58	34.24	28.65
	37	28.99	(-)-4-萜品醇	C ₁₀ H ₁₈ O	7.39	4.98	-	2.23	6.98	-	-	-
	38	29.08	4-萜烯醇	C ₁₀ H ₁₈ O	0.55	0.12	5.09	-	-	0.30	1.30	1.22
	39	32.73	α-松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O	-	-	-	1.02	1.86	-	0.77	1.13
	40	33.64	橙花醇	C ₁₀ H ₁₈ O	0.18	0.11	-	-	-	-	-	-
醛类	41	8.52	己醛	C ₆ H ₁₂ O	-	-	0.21	0.15	-	-	0.10	0.39
	42	16.55	(E)-2-庚烯醛	C ₇ H ₁₂ O	-	0.09	0.24	-	-	-	-	-
	43	16.67	(Z)-庚烯醛	C ₇ H ₁₂ O	-	-	-	-	-	-	-	0.30
	44	19.26	壬醛	C ₉ H ₁₈ O	-	-	-	-	-	-	0.07	-
	45	20.67	2-辛烯醛	C ₈ H ₁₄ O	-	0.06	-	-	-	-	-	-
	46	22.65	(+)-香茅醛	C ₁₀ H ₁₈ O	-	0.15	-	-	-	-	-	-
	47	32.42	(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	C ₁₀ H ₁₆ O	-	-	-	-	-	-	0.14	0.39
	48	34.23	(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	C ₁₀ H ₁₆ O	-	-	-	-	-	-	-	0.30
	49	35.78	对异丙基苯甲醛	C ₁₀ H ₁₂ O	-	-	-	0.11	-	-	-	-
	50	36.60	反式-2,4-癸二烯醛	C ₁₀ H ₁₆ O	-	0.17	-	-	-	-	-	-
酯类	51	5.35	乙酸乙酯	C ₄ H ₈ O ₂	-	0.05	-	-	-	0.18	0.02	0.90
	52	26.54	3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-氨基苯甲酸酯	C ₁₇ H ₂₃ NO ₂	-	1.34	0.61	4.61	-	1.88	9.17	2.20
	53	26.69	丁酸-1-乙基-1,5-二甲基-4-己烯基酯	C ₁₄ H ₂₄ O ₂	21.96	-	-	-	-	-	-	-
	54	26.95	3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇丙酸酯	C ₁₃ H ₂₂ O ₂	-	-	-	-	7.05	-	-	-
	55	34.59	乙酸香叶酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	0.54	-	-	0.05	-	-	0.08	-
	56	34.91	甲酸香叶酯	C ₁₁ H ₁₈ O ₂	-	-	-	-	0.25	-	-	-

转下页

接上页

物质类别	序号	保留时间/min	化合物名称	分子式	S1/%	S2/%	S3/%	S4/%	S5/%	S6/%	S7/%	S8/%
酮类	57	14.75	2-辛酮	C ₈ H ₁₆ O	0.49	0.09	-	-	0.23	-	-	-
	58	17.09	甲基庚烯酮	C ₈ H ₁₄ O	-	-	-	0.16	-	-	-	-
	59	20.55	崖柏酮	C ₁₀ H ₁₆ O	-	-	-	-	-	-	-	0.20
	60	20.61	(+)-β-侧柏酮	C ₁₀ H ₁₆ O	0.14	-	-	-	0.19	0.47	-	-
	61	20.61	侧柏酮	C ₁₀ H ₁₆ O	-	-	-	0.08	0.15	0.29	0.36	-
	62	27.45	4-异丙基环己酮	C ₉ H ₁₆ O	0.20	0.52	-	-	-	-	-	-
	63	32.02	4-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-酮	C ₉ H ₁₄ O	-	0.64	0.47	0.28	-	-	-	0.20
	64	34.11	胡椒酮	C ₁₀ H ₁₆ O	-	1.85	1.28	-	-	-	-	-
杂环类	65	11.86	桉树脑	C ₁₀ H ₁₈ O	3.05	7.07	5.05	-	1.87	-	3.47	2.47
	66	21.20	顺-α,α-5-三甲基-5-乙烯基四氢吡喃-2-甲醇	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	0.46	-	-	-	0.20	-	0.15	-
	67	22.53	糠醛	C ₅ H ₄ O ₂	-	-	0.49	-	-	-	-	-
	68	31.37	糠醇	C ₅ H ₆ O ₂	-	0.11	-	-	-	-	-	-
	69	42.92	2-乙基-3-羟基-4-吡喃酮	C ₇ H ₈ O ₃	3.29	1.37	-	5.69	-	-	-	5.92
硫醚类	70	18.22	二丙基二硫	C ₆ H ₁₄ S ₂	4.78	0.40	-	1.57	-	0.37	0.24	-
	71	23.14	二烯丙基硫醚	C ₆ H ₁₀ S	-	-	-	-	-	0.22	-	-
	72	23.18	二烯丙基二硫	C ₆ H ₁₀ S ₂	-	-	0.21	-	-	-	-	-
醚类	73	31.93	对烯丙基苯甲醚	C ₁₀ H ₁₂ O	-	-	-	0.28	-	-	0.50	-
	74	36.98	茴香脑	C ₁₀ H ₁₂ O	-	-	-	1.82	-	-	2.54	2.69

注：“-”表示未检出该物质。

8 组椒麻鸡汤料样本中挥发性成分含量基于气质分析所得出的数据汇总如图 1,从中可以直观地看出 8 组椒麻鸡挥发性成分整体趋势为烃类物质含量最高。烃类物质主要来源于脂肪酸烷氧自由基的均裂^[8],其含量的差别可能是由于断裂的脂肪酸含量不同造成。鉴定出的烃类化合物中萜烯类化合物最多,具有较强的香气及生理活性,广泛存在于植物体内,其来源可能与制作椒麻鸡时加入多种香辛料有关,如石竹烯存在于桂皮油、薰衣草油中,具有辛香、柑橘和药草味道^[9]。检出的烃类物质中含量最高的是 D-柠檬烯,具有令人愉快的柠檬香气; α -水芹烯具有辛香、黑胡椒香气,在小茴香油、大茴香油和肉桂叶油中均有存在;对异丙基甲苯具有胡萝卜和柑橘味道,在肉桂油和大茴香油中均被检出^[9]。桉烯、月桂烯和(E)-罗勒烯对花椒油香味形成有重要贡献^[10]。烃类含量丰富,在椒麻鸡整体风味构建中起到不可或缺的作用。

醇类物质主要来自脂肪氧化^[11]。醇类物质中,不饱和醇阈值较低,对风味的形成有一定作用^[12]。检出的不饱和醇有芳樟醇和橙花醇等。芳樟醇具有清香、花香、辛香和木香香气^[9]。吴素蕊等人^[13]的研究表明,在花椒挥发性成分中芳樟醇对其香气贡献最大。8 个样本中芳樟醇的检出含量都在 3.70%以上,在 S6 中高达 39.58%,这与椒麻鸡制作过程中大量花椒的加入有关,对椒麻鸡特征风味的形成起重要作用。1-辛烯-3-醇具有青香、蔬菜香和油腻气息。何小燕等^[14]的研究表明 1-辛烯-3-醇是鸡脂的挥发性成分之一,对肉味形成有重要贡献。

醛类主要来源是脂肪氧化,阈值一般很低。检测出直链饱和醛有己醛、壬醛,由油酸、亚油酸、亚麻酸及花生四烯酸等不饱和脂肪酸氧化生成。己醛阈值较低(4.5×10^{-3} mg/kg),具有清香、青草气味,来自 ω -6 不饱和脂肪酸,是鸡肉中重要的风味物质^[15]。壬醛存在于香菜中,对椒麻鸡整体香型有不可忽视的作用^[16]。Noleau 等^[14]认为烯醛和二烯醛是鸡肉脂肪加热后产生的特征香气的主要成分。检出 7 种烯醛有(E)-2-庚烯醛、2,4-癸二烯醛和 2-辛烯醛等,是鸡肉的主体香气成分。2,4-癸二烯醛来自于亚油酸氧化断裂^[17],阈值为 7.0×10^{-4} mg/kg,是鸡肉的主要挥发性成分。2,4-癸二烯醛呈强烈的鸡香和鸡油味,在调配鸡肉味香精时起重要作用^[18]。

酯类大多具有芳香气味,可能来自原料本身,也可能由原料本身的醇和酸反应生成。刘蓉^[19]认为酯类是辣椒风味形成的主要类物质之一。椒麻鸡制作过程中放入了大量辣椒,因此产生了大量酯类化合物,检出的乙酸乙酯是酯类中活跃的香气成分之一。同时检

出乙酸香叶酯,有玫瑰、香柠檬和薰衣草的香气^[20]。

酮类物质也是脂肪氧化产物,但其阈值远高于其同分异构体的醛,对鸡肉香味的贡献相对较小^[21]。检出的胡椒酮具有类似樟脑和薄荷香气,多存在于植物精油中,可能与椒麻鸡制作时香辛料与高温下油脂接触反应有关。

杂环类化合物的阈值较低,主要来源于氨基酸和还原糖之间的 Maillard 反应、氨基酸的热解和硫胺素的降解,具有硫样香气、洋葱样香气,多具有肉香^[22]。检出的桉树脑,是桂皮香气物质的主要成分之一。检出杂环类化合物 5 种,对椒麻鸡整体风味的作用不可忽视。

硫醚类化合物来自香辛料,黄雪松^[23]的研究表明大葱中含有大量有辛辣味挥发性含硫有机物,包括硫醇、硫醚和硫醛等。本实验检出 3 种硫醚,分别是二丙基二硫、二烯丙基硫醚和二烯丙基二硫,与制作椒麻鸡时加入大葱有密切关系。

2.2 HCA 分析

对所得数据进行 HCA 分析如图 2,椒麻鸡汤料样本明显区分为两大类。第一大类 5 组椒麻鸡汤料样本的欧氏距离最大差值为 10,其中 S5、S6 和 S7 在最小距离内形成聚类,表明这三组样本相似度非常高。当欧氏距离继续增大至 8 和 10 时,S8 和 S1 分别在第一大类内聚为一类。第二大类的 3 组样本的欧氏距离最大差值为 8,表明这三组样本相似度较高,其中 S2 和 S3 在欧氏距离为 7 时即聚为一类。两组椒麻鸡汤料样本差异较大,在距离到达 25 时才能归为一类。由此表明,不同椒麻鸡汤料可通过 HCA 分析将其挥发性成分明显区分。

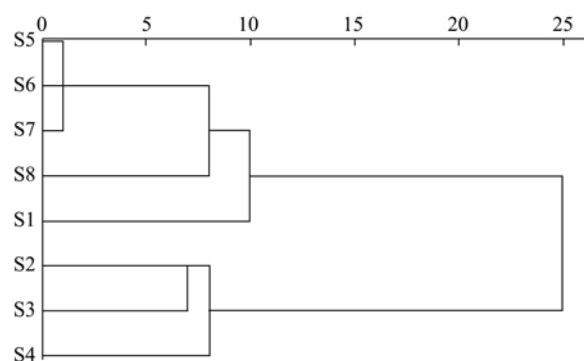


图 2 椒麻鸡汤料挥发性风味物质聚类分析

Fig.2 Cluster analysis of volatiles in pepper chicken soup

椒麻鸡的制作工艺整体相似,由于原材料的细微差别以及加入香辛料的种类、数量和顺序的不同,会导致风味的细微差异,在聚类分析时反应出较显著的差异。结合表 1 发现 8 个样本中芳樟醇的含量较高,

样本间含量存在显著差异,可明显分成两组:S1 (33.18%)、S5 (35.36%)、S6 (39.58%)、S7 (34.24%)和S8 (28.65%)中含量较高,S2 (3.72%)、S3 (3.70%)和S4 (11.27%)中含量较低,与HCA中样本聚类一致,推测芳樟醇对椒麻鸡汤料中香气物质聚为两类有突出贡献,是区分椒麻鸡风味成分的关键物质。 β -水芹烯在S5 (7.80%)、S6 (5.39%)和S7 (3.39%)中含量相近,的含量差异微小, α -水芹烯、侧柏酮、正己醇和对异丙基甲苯等的含量均各自相近,这些香气物质大大提高了三个样本间相似度,使得此三样本在最短距离内聚为一类。桉烯 (2.60%, 2.66%, 1.45%)和月桂烯 (9.91%, 16.13%, 13.87%)在S2、S3和S4中含量相似,和其余5组的香气物质建立差异,为提高组间相似度做出贡献。

2.3 PCA 分析

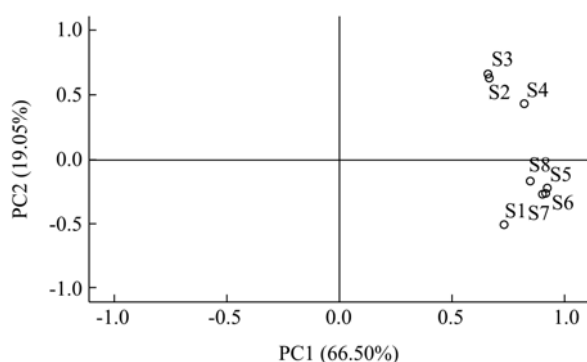


图3 椒麻鸡汤料的PCA分析结果

Fig.3 Analysis of pepper chicken soup by PCA

椒麻鸡汤料的PCA分析如图3,其中PC1=66.50%,PC2=19.05%,两个主成分的累计方差贡献率为85.55%,能够较好地代表样本信息。依据PCA基本原则,样品在得分图上距离越接近,其香气组成及含量相似度就会越高,由此对椒麻鸡汤料样本进行评价。从图中可以看出,椒麻鸡汤料样本数据分布在PCA平面右侧较小范围内,表明8组椒麻鸡汤料整体存在相似性。图3中S2、S3和S4聚集在上部区域,S1、S5、S6、S7和S8聚集在水平轴下较小范围内,表明椒麻鸡汤料在香气物质含量上存在显著差异,可明显分成两类。左上区域S2、S3部分重叠,与S4有明显距离,表明上方这一组三个样本间S2、S3更相似;水平轴线下S5、S6、S7几乎完全重叠,表明这三个样本间相似度极高。这一结果与HCA(图2)结果一致。

3 结论

3.1 采用GC-MS对新疆特色食品手撕椒麻鸡的挥发

性成分进行分析,共检出74种物质,包括烃类30种,醇类10种,醛类10种,酯类6种,酮类8种,杂环类化合物5种,硫醚类3种及醚类2种。其中烃类和醇类含量较高,其次为酯类和杂环类。对椒麻鸡风味形成有重要贡献的是烃类、醛类、杂环类化合物和硫醚类化合物。

3.2 HCA分析将样本分为两类,对比发现香气物质中芳樟醇在椒麻鸡主体风味中起重要支撑作用,芳樟醇的含量是区分椒麻鸡汤料样本间香气物质差异的重要指标。关键差异物质包括芳樟醇、D-柠檬烯、2,4-癸二烯醛、 α -水芹烯、 β -水芹烯、桉烯、月桂烯、(E)-罗勒烯、 β -蒎烯和二丙基二硫醚等,这些化合物对椒麻鸡整体香气的构建起重要积极作用。PCA分析建立椒麻鸡汤料样本的相关性模型,对HCA结果进行了有效验证。本研究为后期制备椒麻鸡标准化调味汁提供借鉴。

参考文献

- [1] 徐晓兰,张宁,慕艳梅,等.天福号酱香鸡挥发性香成分的提取与分析[J].食品科学,2012,16:111-116
XU Xiao-lan, ZHANG Ning, QI Yan-mei, et al. Extraction and analysis of volatile aroma components in tianfuhao-branded sauce fragrant chicken [J]. Food Science, 2012, 16: 111-116
- [2] 张宁,陈海涛,慕艳梅,等.SDE-GC-MS分析肯德基吮指原味鸡的挥发性风味成分[J].食品科学,2011,32(22):268-272
ZHANG Ning, CHEN Hai-tao, QI Yan-mei, et al. Analysis of volatile compounds of KFC original recipe fried chicken by simultaneous distillation extraction and gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Science, 2011, 32(22): 268-272
- [3] Roessner U, Wagner C, Kopka J, et al. Technical advance: simultaneous analysis of metabolites in potato tuber by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Plant J, 2000, 23(1): 131-142
- [4] 李蓉,李宇.基于主成分分析与聚类分析方法的我国西部区域划分问题的研究[J].科技广场,2006,3:66-67
LI Rong, LI Yu. The study for regional clusters in the western region based on cluster analysis and principal component analysis method [J]. Science Mosaic, 2006, 3: 66-67
- [5] 李新蕊.主成分分析、因子分析、聚类分析的比较与应用[J].山东教育学院学报,2007,22(6):23-26
LI Xin-rui. Comparison and application of principal component analysis, factor analysis and cluster analysis [J]. Journal of Shandong Education Institute, 2007, 22(6): 23-26
- [6] 王林,田俊,平学仁.新疆清真风味手撕椒麻鸡加工工艺及

- 其调味配方研究[J].新疆职业大学学报,2012,20(4):73-76
WANG Lin, TIAN Jun, PING Xue-ren. Study on processing technology and seasoning formula of Xinjiang Halal-flavored pepper chicken [J]. Journal of Xinjiang Vocational University, 2012, 20(4): 73-76
- [7] 熊敏,肖岚,谷学权,等.利用电子鼻评价花椒调味料对椒麻鸡风味的影响[J].食品科学,2010,31(22):435-438
XIONG Min, XIAO Lan, GU Xue-quan, et al. Effect of Sichuan pepper seasoning on jiaoma chicken apraised by electronic nose [J]. Food Science, 2010, 31(22): 435-438
- [8] 徐晓兰,陈海涛,慕艳梅.SDE-GC-MS 分析胡同坊北京酱鸡的挥发性风味成分[J].食品科学,2011,32(22):237-242
XU Xiao-lan, CHEN Hai-tao, QI Yan-mei. Analysis of volatile compounds in Hutongfang Beijing-style sauce chicken by simultaneous distillation extraction and gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Science, 2011, 32(22): 237-242
- [9] 孙宝国,何坚.香料化学与工艺学[M].北京:化学工业出版社,2004
- [10] 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
CHENG Xiao-xue, YUAN Yong-jun, HU Li-li, et al. Preparation technique and component analysis of *Zanthoxylum bungeanum* seasoning oil by medium temperature extraction [J]. China Brewing, 2014, 33(2): 42-46
- [11] 陈怡颖,郭贝贝,章慧莺,等.新疆大盘鸡挥发性风味成分的GC-MS 分析[J].食品工业科技,2014,35(21):291-296
CHEN Yi-ying, GUO Bei-bei, ZHANG Hui-ying, et al. Volatile flavor compounds analysis of the Dapanji by GC-MS [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(21): 291-296
- [12] 慕艳梅,孙宝国,陈海涛,等.同时蒸馏萃取-气质联用分析月盛斋酱牛肉的挥发性风味成分[J].食品科学,2010,31(18):370-374
QI Yan-mei, SUN Bao-guo, CHEN Hai-tao, et al. Analysis of volatile compounds in Yueshengzhai spiced beef by simultaneous distillation extraction and gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Science, 2010, 31(18): 370-374
- [13] 吴素蕊.花椒香气成分的研究[D].重庆:西南农业大学,2005
WU Su-rui. Studies on the aroma components of *Zanthoxylum schinifolium* Sieb.et Zucc [D]. Chongqing: Southwest Agricultural University, 2005
- [14] 何小燕,田洪磊,詹萍,等.基于 PCA 模式不同处理方式鸡脂挥发性成分与化学指标相关性研究[J].中国油脂,2016,41(4):41-45
HE Xiao-yan, TIAN Hong-lei, ZHAN Ping, et al. Correlation between volatile components and chemical indexes of chicken fat treated by different methods based on PCA mode [J]. China Oils and Fats, 2016, 41(4): 41-45
- [15] Elmore J S, Mottram D S, M Enser, et al. Effect of the polyunsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(4): 1619-1625
- [16] 刘向荣.芫荽香味成分分析及稳定性研究[D].长沙:中南林业科技大学,2013
LIU Xiang-rong. Analysis of the flavor components from the coriander and the study on its stability [D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2013
- [17] Noleau I, Toulemonde B. Quantitative study of roast chicken fat [J]. Food Science Technology, 1987, 20(5): 7-41
- [18] 刘丽微,白卫东,钱敏.2,4-癸二烯醛在肉味香精中作用机制的研究进展[J].香料香精化妆品,2011,12(6):33-36,16
LIU Li-wei, BAI Wei-dong, QIAN Min. The progress on study of the mechanism of 2,4-Decadienal in meat flavor [J]. Flavour Ragtance Cosmetics, 2011, 12(6): 33-66
- [19] 刘蓉.辣椒风味物质的研究[D].长沙:湖南农业大学,2008
LIU Rong. Studies on the flavor compounds in capsicum [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2008
- [20] 范文来,徐岩.白酒 79 个风味化合物嗅觉阈值测定[J].酿酒,2011,38(4):80-84
FAN Wen-lai, XU Yan. Determination of odor thresholds of volatile aroma compounds in Baijiu by a forced-choice ascending concentration series method of limits [J]. Liquor Making, 2011, 38(4): 80-84
- [21] 陈建良,芮汉明,陈号川.不同鸡种的鸡肉挥发性风味特性的比较研究[J].现代食品科技,2009,25(10):1129-1134
CHEN Jian-liang, RUI Han-ming, CHEN Hao-chuan. Comparison of volatile flavor characteristic of different kinds of chicken muscles [J]. Modern Food Science and Technology, 2009, 25(10): 1129-1134
- [22] Ruiz J, Ventanas J. New device for direct extraction of volatiles in solid samples using SPME [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2001, 49(11): 5115-5121
- [23] 黄雪松.大葱挥发油含量与化学成分的分析[J].食品与发酵工业,2004,30(10):114-117
HUANG Xue-song. Analysis of volatile oil content and chemical composition of green onions [J]. Food and Fermentation Industries, 2004, 30(10): 114-117