



## 不同产地传统海虾酱的风味特征

江津津<sup>1\*</sup>, 欧爱芬<sup>1</sup>, 潘光健<sup>1</sup>, 林婉玲<sup>2</sup>, 陈庆<sup>1</sup>, 陈烽华<sup>1</sup>

(1. 广州城市职业学院, 广东广州 510405;

2. 韩山师范学院, 广东潮州 521041)

**摘要:** 为探究我国不同产地传统海虾酱的风味特征, 探讨风味形成机理。实验从感官量化描述分析和营养成分分析入手, 应用气相离子迁移谱和顶空-固相微萃取-气相色谱/质谱联用对不同产地传统海虾酱的风味特征进行探究。结果发现, 不同产地虾酱的挥发性成分的种类和含量均有显著差异, 2-乙基己醇、3-乙基-2,5-甲基吡嗪、二甲胺、二甲基三硫和3-甲硫基丙醛等化合物是海虾酱的特征挥发性化合物。QDA结果显示, 粤港澳产虾酱样品的色泽与风味评分较好, 蛋白质和游离氨基酸含量高于其他样品, 但腥味也较明显。虾酱的粗脂肪含量与QDA评分没有明显关联。水分含量为18%~28%(W%)时, 虾酱的黏稠度评分最高。粤港澳产虾酱的特征香气化合物为吡嗪类, 如2,6-二甲基吡嗪、2-乙基-6-甲基吡嗪等。三甲胺及二甲胺是传统海虾酱的特征风味物, 含硫化合物是发酵水产调料的特征风味化合物, 但也有可能源于配料中的葱、蒜等香辛料。研究表明, 不同产地传统海虾酱的挥发性风味有显著性差异, 气相离子迁移谱和气质联用可以高效表征气味差异。

**关键词:** 海虾酱; 风味特征; 挥发性化合物; 气相离子迁移谱; 顶空-固相微萃取-气相色谱-质谱联用

**中图分类号:** TS 254.4

**文献标志码:** A

我国是虾类生产大国, 产量在每年100万t以上, 其中很多低值虾及虾类加工副产物中含有大量的蛋白质, 如果不能有效利用, 不仅会对环境造成污染, 还是对资源的极大浪费<sup>[1]</sup>。虾酱是一种毛虾等低值虾经腌制、捣碎、研磨、发酵制成的糊状食品, 是我国沿海及东南亚地区常用调味料之一, 以其鲜美的味道、独特的风味和较高的营养价值而深受当地居民喜爱, 仅我国广东省每年的传统虾酱产量就达1万t左右<sup>[2-3]</sup>。品质好的虾酱一般色泽微红、酱质细腻、风味浓郁。由于原料、发酵工艺、地理、气候

等因素的差异, 不同地区产的虾酱具有不同的风味特质。传统海虾酱的风味机理, 尤其是粤港澳地区虾酱风味特征的研究还鲜有报道。气相离子迁移谱(GC-IMS)和顶空-固相微萃取-气质联用技术(HS-SPME-GC/MS)是挥发性风味研究的现代有效技术, 不仅能分析样品中的挥发性化合物, 还能找出关键活性化合物的差异<sup>[4-5]</sup>。本实验以我国不同产地的7种传统海虾酱为样本, 采用GC-IMS、HS-SPME-GC-MS鉴定关键挥发性化合物, 采用液相色谱法分析非挥发性风味, 再结合感官量化描述分析(QDA)探究我国不同

收稿日期: 2020-11-18 修回日期: 2021-03-16

资助项目: 广东省自然科学基金(2018A030313075); 广东省普通高校特色创新项目(自然科学2018GKTSCX030); 广州城市职业学院科研团队项目; 广州市社区教育服务指导中心重点项目(2020SQJY001); 广州城市职业学院工程技术研究开发中心建设项目(KYG202103)

通信作者: 江津津(照片), E-mail: 455213049@qq.com



产地, 尤其是粤港澳地区传统海虾酱的风味特征。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 实验原料

海虾酱 X1 和 X5 购自香港和澳门的超市, X6 购自广州某酒店, 其余样品均网购自京东(表 1)。色谱用标准品及试剂均购自中国计量科学研究院化学所(国家标准物质研究中心), 其他试剂均为国产分析纯。

### 1.2 仪器与amp;设备

FlavourSpec®风味分析仪, 德国 Gas 山东济南海能仪器股份有限公司; Agilent 7890N-5977 气相色谱-质谱联用仪, 美国安捷伦科技有限公司; Alpha MOS 电子鼻气味指纹仪, 法国阿尔法莫斯公司; SYKAM S-433D 型氨基酸分析仪, 德国 SYKAM 公司; 固相微萃取萃取头 PDMS/DVB 与 SPME 进样手柄, 北京康林科技有限责任公司。

### 1.3 实验方法

**HS-GC-IMS 条件** 取 1 g 样品, 放入 20 mL 顶空进样瓶中, 60 °C 孵化 10 min 后经顶空进样用气相离子迁移谱仪 Flavour Spec®进行测试, 经 G.A.S.开发的强大功能软件分析可给出样品中挥发性有机物的差异谱图; 软件内置的 NIST 数据库和 IMS 数据库可对物质进行定性分析。气相-离子迁移谱参数: 分析时间为 30 min, 色谱柱为 FS-SE-54-CB-115 m, ID: 0.53 mm, 柱温为 45 °C, 载气(漂移气)为 N<sub>2</sub>, 漂移气流量 150 mL/min, IMS 温度为 45 °C。自动顶空进样参数: 进样体积为 200 μL, 孵育 10 min, 孵育温度 60 °C, 进样针温度 65 °C。

**HS-SPME-GC/MS 条件** 按照 Liedtke 等<sup>[6]</sup>

的方法, 检测参数稍作修改。室温 25 °C, 相对湿度 70%。SPME 萃取参数: 样品 2.0 g 加入 20 mL 顶空样品瓶中, 加入纯水 2.5 g, 置于磁力搅拌器上加热搅拌, 密封后加入 55 °C 水浴平衡 10 min, 以 200 r/min 的速率搅拌。将固相微萃取纤维 DVB/CAR/PDMS 插入顶空瓶, 使之与样品的距离保持 1 cm, 萃取温度 40 °C, 顶空吸附 40 min, 随后抽回纤维头, 从样品瓶中拔出萃取头, 再将萃取头插入 GC-MS 的气相色谱进样口, 推出纤维头于 250 °C 解吸 3 min。GC 检测参数: 色谱柱 HP-5 (30 mm×0.25 mm), 程序升温, 起始温度为 40 °C, 保持 3 min, 以 3 °C/min 上升到 120 °C, 最后以 5 °C/min 上升至 240 °C。进样口温度: 250 °C, 以氦气为载气, 流速: 1.0 mL/min, 不分流进样。MS 参数: 接口温度 250 °C, 离子源温度 230 °C, 电离方式为 EI, 70 eV, 扫描质量范围为 30~500 amu。

**游离氨基酸、蛋白质、水分、粗脂肪含量分析** 游离氨基酸的测定, 参照薛永霞等<sup>[7]</sup>的方法, 室温 22 °C, 相对湿度 60% 下用氨基酸分析仪进行。色谱柱: 日立 855-4507 型; 柱温: 程序变温; 反应柱温: 135 °C; 柠檬酸(锂)pH 缓冲液梯度洗脱; 检测波长: 570 nm+440 nm; 流速: 洗脱泵 0.35 mL/min, 衍生泵 0.30 mL/min; 分析时间: 148 min。蛋白质含量测定: 凯氏定氮法<sup>[8]</sup>。粗脂肪含量测定使用索氏抽提法<sup>[9]</sup>。水分含量测定使用 GB 5009.3—2016 中的蒸馏法<sup>[10]</sup>。

**QDA 分析** 采用感官定量描述分析(QDA)法。评价前先对感官评价小组成员进行筛选和培训, 排除海鲜过敏及色、味判断异常人员。分别取 2 g 样品置于样品瓶, 先用牙签搅拌样品, 对色泽、黏稠度、颗粒细腻程度进行评定, 然后用鼻子嗅闻样品气味并评分, 最后用

表 1 不同产地传统海虾酱样品及配料说明

Tab. 1 Samples and ingredients description of traditional shrimp paste from different producing areas

样品编号 sample number	产地 place of origin	原料虾 raw shrimp	配料 ingredient list
X1	香港	脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>	虾、盐
X2	浙江宁波	东方白虾 <i>E. orientis</i>	虾、黄酒、精盐、白糖
X3	山东寿光	中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	虾、食用盐、老酒、香辛料
X4	广东江门	磷虾 <i>Euphausia</i> spp.	虾、食用盐
X5	澳门	脊尾白虾 <i>E. carinicauda</i>	海米、辣椒、干葱
X6	广东阳江	磷虾 <i>Euphausia</i> spp.	虾、食用盐、香油、蒜蓉
X7	天津塘沽	糠虾 <i>Mysidacea</i>	虾、食用盐

舌头品尝。每轮评鉴后，评定员都要用蒸馏水漱口并呼吸新鲜空气 1 min 再开始下一轮。应确保每轮评定能够独立一致地进行，人员之间无相互干扰。对样品的色泽、黏稠程度、颗粒细腻程度按照 0~10 分进行评分，其中色泽呈现淡红或者肉粉色为 10 分，颜色越暗沉，评分越低、颗粒最为细腻为 10 分，质感越粗糙，评分越低。黏稠程度则以芝麻酱的黏稠程度为标准 (10 分)，越稀薄，分值越低。对样品的虾味、腥臭味、油脂味、香味、咸味、涩味、醇厚味和后味进行 QDA 评分，分数为 0~10，“0”代表完全闻不出或者品尝不到所描述的气味和滋味，“10”代表所描述气味或者滋味非常强烈。

**数据分析** 采用 SPSS 12.0 和 Excel 软件进行数据处理，差异性分析 (ANOVA) 被用来检查各个不同结果平均值间的显著性差异，采用 6

个平行，取 95% 置信度 ( $P < 0.05$ )

## 2 结果

### 2.1 QDA 分析结果

48 名感官评鉴员根据 QDA 原则分别对样品评分，根据得分绘制风味雷达图。X1 和 X4 风味轮廓饱满而近似，色泽优良，稠密细腻，但醇厚味较欠缺，腥臭气味较为明显；X2 的腥臭味最为明显，黏稠度低，风味表现一般；X3 在各样品中，风味表现居中，但醇厚味分值最低；X5 是澳门的一种特色虾酱，颗粒粗糙，鲜香味突出，口感醇厚；X6 色泽好，黏稠度适中，味道咸鲜醇厚，后味足，腥臭味较不突出，不足之处在于咸涩味评分偏高；X7 与 X3 风味轮廓近似，风味各项评分居中，特色并不明显 (图 1)。

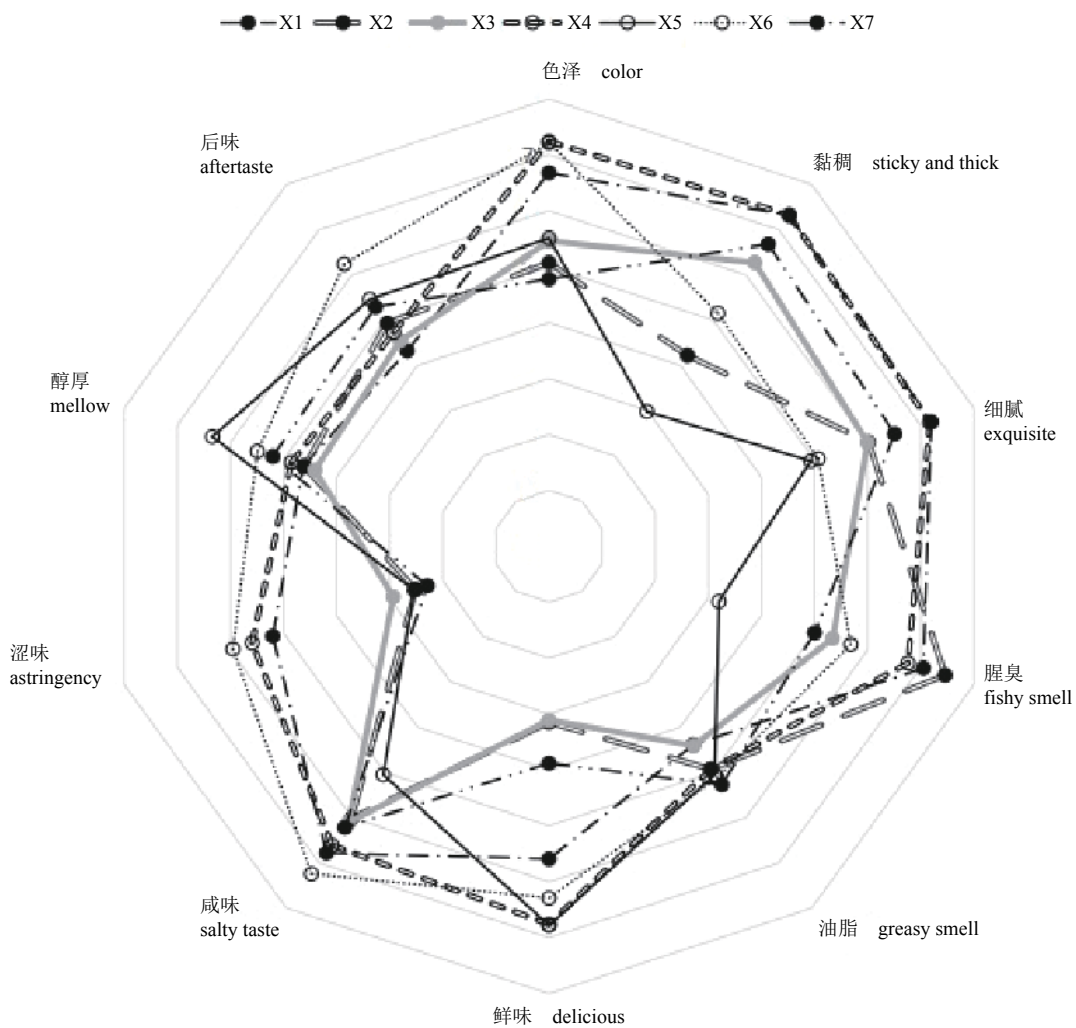


图 1 样品的感官量化描述分析

Fig. 1 QDA of seven shrimp paste

## 2.2 游离氨基酸与蛋白质、脂肪、水分含量分析结果

游离氨基酸是重要的滋味物质和风味前体物, 鲜、咸、甜、涩、酯香味等都与其有关。虾酱发酵过程中在内源性蛋白酶和微生物蛋白酶的作用下把蛋白质降解为多肽或游离氨基酸。氨基酸的种类和含量影响着风味形成<sup>[11]</sup>。样品游离氨基酸的相对含量见表 2, 几类虾酱的游离氨基酸种类都很丰富, 其中呈鲜味的谷氨酸含量

较高, 且富含人体必需氨基酸, 是氨基酸营养价值较高的调味品。样品 X2、X7、X6 和 X1 的水分含量均在 25 g/100 g 以上, 蛋白质含量 X4 最高, 粗脂肪含量 X5 最高, X3 其次(图 2)。

## 2.3 HS-SPME-GC/MS 对挥发性风味成分的分析结果

由于 X5 是海米颗粒与辣椒、干葱调配加工制成, 未经发酵, 气味与其他样品大相径庭,

表 2 游离氨基酸相对含量  
Tab. 2 Relative content of free amino acids

游离氨基酸 free amino acid	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	%
磷酸丝氨酸 phosphoserine	0.57	0.73	0.70	0.47	0.66	0.52	0.96	
牛磺酸 taurine	5.81	1.02	4.47	5.28	2.36	5.58	3.15	
磷酸乙醇胺 phosphoethanolamine	0.06	0.10	0.04	0.26	0.32	0.03	0.31	
尿素 urea	1.86	0.63	0.44	0.30	0.27	0.26	0.45	
天冬氨酸 aspartate	7.87	4.85	6.70	7.81	6.89	6.5	7.98	
苏氨酸 threonine	3.97	3.49	4.07	2.91	3.71	4.56	1.17	
丝氨酸 serine	2.61	3.11	2.67	1.97	2.17	3.38	0.34	
天冬酰胺 asparagine	1.42	2.96	0.28	0.86	—	—	—	
谷氨酸 glutamate	6.98	27.32	8.90	9.39	14.59	11.51	11.28	
$\alpha$ 氨基己二酸 $\alpha$ amino adipic acid	—	—	0.16	0.12	—	—	—	
甘氨酸 glycine	5.11	5.10	7.54	6.86	5.62	6.13	7.36	
丙氨酸 alanine	8.14	11.02	7.26	8.43	7.21	7.97	8.43	
瓜氨酸 citrulline	6.34	2.38	5.11	5.72	4.83	8.26	0.76	
$\alpha$ 氨基正丁酸 $\alpha$ aminobutyric acid	0.11	0.02	0.24	0.72	0.99	0.1	2.89	
缬氨酸 valine	5.31	4.01	5.63	5.60	4.91	5.08	5.50	
胱氨酸 cystine	0.14	0.10	0.36	0.30	0.74	0.46	0.55	
甲硫氨酸 methionine	3.11	1.89	2.55	2.95	4.57	2.82	2.75	
异亮氨酸 isoleucine	5.59	4.42	6.46	5.82	6.81	5.28	6.88	
亮氨酸 leucine	9.26	6.84	9.97	9.21	7.87	8.4	10.39	
酪氨酸 tyrosine	5.42	3.93	7.38	5.34	6.38	3.71	6.23	
$\beta$ -丙氨酸 $\beta$ -alanine	0.08	0.02	0.04	0.06	0.03	0.03	0.03	
苯丙氨酸 phenylalanine	4.89	3.15	4.87	5.16	4.77	4.33	4.92	
$\beta$ 氨基异丁酸 $\beta$ aminoisobutyric acid	0.14	0.05	0.02	0.14	0.08	0.13	0.10	
$\gamma$ 氨基丁酸 $\gamma$ aminobutyric acid	0.03	0.05	0.12	0.02	0.04	0.02	0.14	
乙醇胺	0.31	0.10	0.61	—	0.22	0.56	0.34	
鸟氨酸	3.06	2.91	1.48	3.13	2.96	0.92	4.64	
赖氨酸	8.12	6.26	6.98	7.47	7.67	8.76	7.67	
1-甲基组氨酸	0.03	—	—	0.01	—	0.01	—	
组氨酸 histidine	0.44	1.26	1.40	0.70	0.96	1.67	1.27	
精氨酸 arginine	0.50	—	0.52	0.52	0.35	0.33	0.41	

注: “—”代表不可检出

Notes: “—” means not detectable



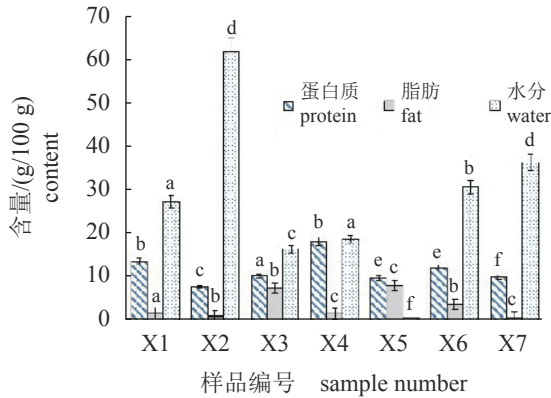


图 2 样品的蛋白质、脂肪、水分含量

Fig. 2 Protein, fat and water content of the samples

所以仅比较其他 6 种样品的 GC/MS 总离子流图。图 3 显示不同样品中检出的化合物的类别、数量与含量不尽相同。X3 中被定性出的化合物最少。

### 2.4 气相离子迁移谱分析结果

样品用 GC-IMS 主要定性出 55 种挥发性风味化合物，分 9 类，有 7 种醇、3 种酯、20 种醛、2 种酸、3 种酮、12 种吡嗪和 8 种含硫化合物，其中的关键化合物见表 3。样品的气相离子迁移谱图谱中，左为样品的气味指纹图(图 4-a)，右为对应左图的三维立体成像图，可表征气味浓度差异(图 4-b)。

### 3 讨论

从风味雷达图可以看出，澳门的虾酱样品 X5 与其他样品的风味轮廓明显不同。根据产品配料表，X5 使用虾干与辣椒、干葱混合制得而非鲜虾加盐发酵，所以在感官性状和风味方面

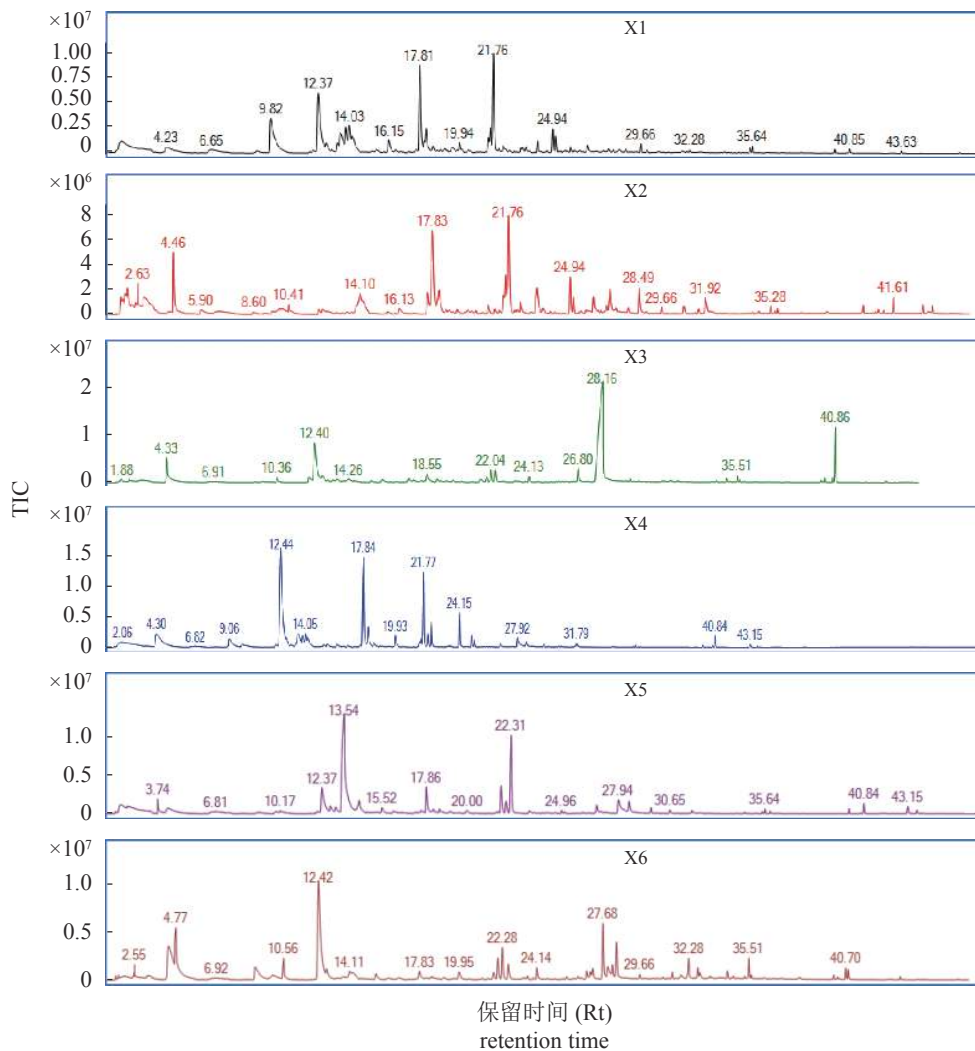


图 3 样品挥发性化合物的总离子流图

Fig. 3 Total ion flow diagram of volatile compounds in the samples

表 3 样品的气相离子迁移谱定性结果

Tab. 3 Qualitative results of GC-IMS of samples

序号 serial number	化合物 compound	保留指数 (RI) retention index	特征风味贡献 characteristic flavor contribution	
1	2,3-二乙基-5-甲基吡嗪 2,3-diethyl-5-methylpyrazine	1 180.3	脂肪氧化与美拉德反应产物, 赋予虾酱浓香的发酵味和新鲜虾味 <sup>[12-13]</sup>	
2	2,3,5-三甲基吡嗪 2,3,5-trimethylpyrazine	1 016.4		
3	2-甲基吡嗪 2-methylpyrazine	828.4		
4	四甲基吡嗪 Tetramethylpyrazine	1 087.7		
5	3-乙基-2,5-二甲基吡嗪 3-ethyl-2,5-dimethylpyrazine	1 088.2		
6	2-乙基-6-甲基吡嗪 2-ethyl-6-methylpyrazine	1 008.7		
7	2,6-二甲基吡嗪 2,6-dimethylpyrazine	891.4		
8	2,5-二甲基吡嗪 2,6-dimethylpyrazine 2,5-dimethylpyrazine	1 069.3		
9	苯甲醛 Benzaldehyde	958.2	醛类化合物阈值低, 在发酵水产品特征风味中起重要作用, 3-甲硫基丙醛具有肉香和马铃薯香 <sup>[14-15]</sup>	
10	苯乙醛 Phenylacetaldehyde	1 040.4		
11	3-甲基丁醛 3-Methylbutyraldehyde	739.2		
12	糠醛 furfural	922.6		
13	异丁醛 Isobutyraldehyde	652.4		
14	戊醛 Glutaraldehyde	508.2		
15	庚醛 Heptanal	736.6		
16	正己醛 N-hexanal	697.0		
17	3-呋喃甲醇 3-furanol	978.8		不饱和醇的阈值较低, 是赋予虾酱肉香味、蘑菇味和温和油脂味的主要物质 <sup>[16]</sup>
18	3-甲基丁醇 3-methyl butanol	794.8		
19	2-糠醇 2-furfuryl alcohol	852.0	在挥发性成分中占比较少, 鱼露这类发酵水产调味料中的特征物质 <sup>[17]</sup>	
20	异丁酸 Isobutyric acid	891.4		
21	丁酸 butyrate	830.8		
22	二甲胺 dimethylamine	472.5	与海产的腥臭味直接相关 <sup>[18]</sup>	
23	二乙基甲胺 diethylmethylamine	600.0		
24	2-庚酮 2-heptanone	978.0	有乳酪、菠萝蜜类似的香气, 羟基丙酮被发现存在于啤酒、烟草、蜂蜜中 <sup>[19]</sup>	
25	甲基乙基酮 methyl ethyl ketone	664.7		
26	羟基丙酮 hydroxyacetone	555.7		
27	二甲基二硫醚 dimethyl disulfide	593.4	虾酱中主要挥发性风味物质, 在分析结果中有大量占比, 二甲基二硫和二甲基三硫, 主要呈现蔬菜香, 洋葱香 <sup>[20]</sup>	
28	烯丙基二硫 allyl disulfide	697.0		
29	2-呋喃甲硫醇 2-furylthiol	711.6		
30	二烯丙基硫醚 diallyl sulfide	793.1		
31	二甲基三硫 dimethyl trisulfide	960.4	酒类的关键香气化合物 <sup>[21]</sup>	
32	甲硫基丙醛 methional	905.4		
33	乙酸乙酯 ethyl acetate	909.9		

都是与其他样品明显不同。香港产虾酱 X1 和广东江门虾酱 X4 的 QDA 评分非常相近, 两者的配料仅有虾和盐, 属于典型的传统发酵产品,

由于配料简单, 无香辛料添加, 腥臭味比较明显。广东阳江 X6 与 X1 和 X4 相比, 涩咸味、后味和醇厚味都更为突出, 因其配料中添加了香

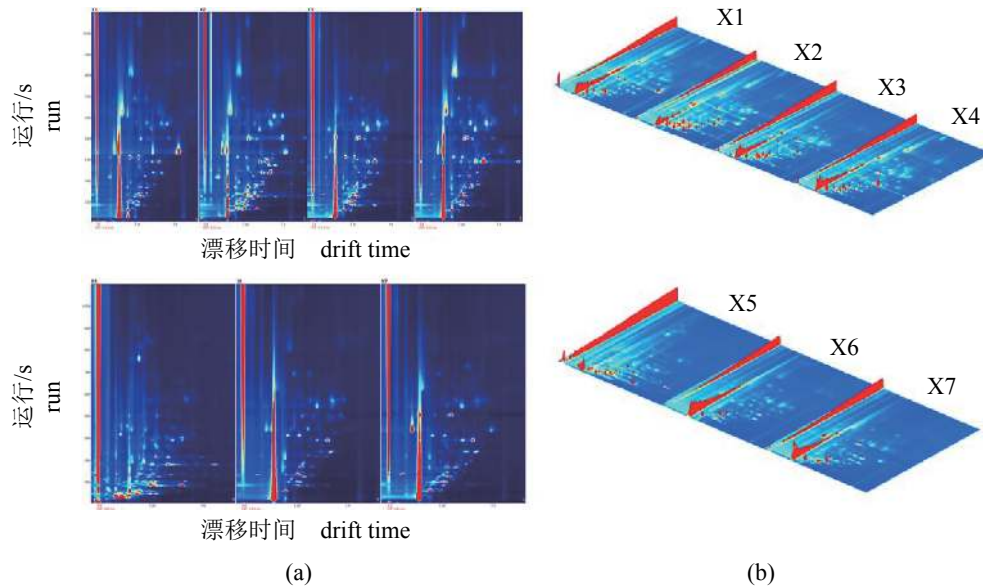


图 4 样品的气相离子迁移指纹图谱

Fig. 4 GC-IMS spectra of seven samples

油和蒜蓉。浙江宁波虾酱 X2 因其配方中含有黄酒而表现出低黏稠度和细腻度，除了腥臭评分外，其他 QDA 分值都偏低。山东寿光虾酱 X3 配料中除了黄酒还有香辛料，总体风味和感官评分在几类样品中居中，可谓不过不失。天津塘沽虾酱 X7 虽然配料简单，但是与 X3 有着相近的风味轮廓。水分含量测定结果结合 QDA 分析表明，水分含量为 18%~28% 的样品的黏稠度更易被接受，譬如 X4 和 X1。蛋白质含量最高的 X4 有最好的 QDA 评分，样品粗脂肪含量却和 QDA 表现没有明显关联。

7 种虾酱中均含有苏氨酸、缬氨酸、甲硫氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸和赖氨酸这 7 种必需氨基酸。游离氨基酸总量最高为 X4，大于 5.00 g/100 g，总量最低为 X2，不到 2.10 g/100 g。粤港澳地区产虾酱的游离氨基酸和蛋白质总量比其他地区虾酱样品的要高。虾酱样品中含量最高的游离氨基酸为谷氨酸，按含量多寡排序依次为丙氨酸、亮氨酸、赖氨酸、酪氨酸，这也是虾酱鲜味浓郁的原因之一。

X1 中检出风味化合物 41 种，X2 中检测出 31 种，X3 中检测出 33 种，X4 中检测出 46 种，X6 中检测出 42 种，X7 中检测出 35 种，主要包括酸、酯、醇、醛、酮、吡嗪、吡啶、烃类和含硫化合物等。不同虾酱中挥发性成分的种类和含量均有显著差异，关键共性成分是 2-乙基己

醇、3-乙基-2,5-甲基吡嗪、二甲胺、二甲基三硫和 3-甲硫基丙醛这 5 种。产自香港、广东江门、天津塘沽的虾酱中相对含量最高的挥发性成分均为二甲基三硫，二甲基三硫主要呈现洋葱香，含硫化合物还有甲基丙基三硫，可能是发酵水产调料的特征风味物质。产自浙江宁波的虾酱中相对含量最高的挥发性成分是 2,5-二甲基吡嗪，产自山东寿光的虾酱样品 X3 中相对含量最高的挥发性成分是吡嗪，吡嗪可在细菌作用下由色氨酸降解产生。醇类是虾酱中主要挥发性物质之一，共检出 4 种醇，1-辛烯-3-醇、2-乙基己醇、苯乙醇、二甲基硅烷二醇，醇类主要由脂肪酸氧化酶作用于多不饱和脂肪酸衍生而来。检出的醛类物质，苯甲醛、苯乙醛、壬醛、庚醛、癸醛等主要由不饱和脂肪酸氧化产生<sup>[22-23]</sup>，苯甲醛和苯乙醛具有令人愉快的杏仁香。壬醛、庚醛、癸醛的存在赋予了虾酱坚果香、青香和瓜果香等风味<sup>[24-25]</sup>。虾酱中检出的吡嗪类化合物种类多样：2,6-二甲基吡嗪、2,3,5-三甲基吡嗪、3-乙基-2,5-甲基吡嗪、2,3-二乙基-5-甲基吡嗪、3,5-二乙基-2-甲基吡嗪、2,3,5-三甲基-6-乙基吡嗪、2-乙酰基-3-乙基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪、2,3,5,6-四甲基吡嗪、2-乙基-6-甲基吡嗪、2-甲基-5-异丙基吡嗪、2-乙烷基-3,5-二甲基吡嗪等。吡嗪是脂肪酸氧化产物参与美拉德反应的产物，主要呈现肉香和烤香，吡嗪类既是酱类的特征风味物质，

也是新鲜虾肉中主要的风味物质。粤港澳产虾酱(X1、X4、X6)中独有的主要挥发性化合物有三甲胺、2-庚酮、2,6-二甲基吡嗪和2-乙基-6-甲基吡嗪。三甲胺是氧化三甲胺通过还原酶和微生物水解产生,有鱼腥臭,是虾酱这类水产调味品的特征风味物,但也可以通过降低氧化三甲胺还原酶活性及添加三甲胺氧化酶来抑制三甲胺形成从而降低腥臭味<sup>[26-27]</sup>。

指纹图谱和三维立体图表明,各个样品的气味差异非常显著。定性分析表明,除了X5外,其余样品的二甲胺的含量都比较高,二甲胺是三甲胺氧化物通过酶解产生的,其含量随着原料新鲜度的变化而变化,有类似氨的气味,水产品的腥臭味与二甲胺直接相关<sup>[25]</sup>。海产品渔获后会发生产物胺的变化,为尽可能减少二甲胺的形成,需尽可能减少渔获后停留的时间,及时清理好原料表面的杂物及微生物,减少其对产品新鲜度及风味的影响。但传统海虾酱一般采用自然发酵工艺,盐、虾混合后经历了较为漫长的发酵过程,二甲胺的形成无可避免。GC-IMS定性分析表明,丁酸、异丁酸等酸类在挥发性成分中含量较少,但根据其阈值,作用明显。吡嗪类物质可赋予虾酱浓郁的发酵香气和虾味,在粤港澳地区产虾酱中吡嗪种类多样,增强了粤港澳虾酱的独特风味。浙江宁波虾酱X2中乙酸乙酯的含量较高,乙酸乙酯有陈酒香气和果香味,与X2中的黄酒配料有关;澳门虾酱X5中检出的庚醛、二丙硫醚、己醛、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛、2-丁酮、甲基丙醛、糠基硫醇等化合物在别的样品中基本不存在,推测源于配料中的干葱和辣椒。二乙基甲胺、2-乙基-6-甲基吡嗪及2,3,5-三甲基吡嗪在X1、X4和X6中大量存在,在其他样品中较少,该结果与HS-SPME-GC/MS分析结果一致。初步表明粤港澳地区产虾酱的特征风味与二乙基甲胺及吡嗪类化合物有关。

## 4 结论

本实验以我国不同产地的海虾酱为研究对象,运用气相离子迁移谱和HS-SPME-GC/MS技术探究其风味特征和差异。GC-IMS鉴别相似度大于88%,可有效识别虾酱气味差异。QDA结果显示粤港澳产虾酱色泽与风味评分较好,蛋

白质和游离氨基酸含量高于其他样品,但腥味也较明显。推测虾酱的蛋白质和游离氨基酸含量与气味品质直接相关,腥味与传统自然发酵直接相关。本研究发现,粗脂肪含量与QDA评分没有明显关联。当水分含量为18%~28%时,虾酱的黏稠度评分最高。SPME-GC/MS与GC-IMS分析结果表明不同产地虾酱挥发性成分的种类和含量均有显著差异,含有的共性化合物为2-乙基己醇、3-乙基-2,5-甲基吡嗪、二甲胺、二甲基三硫和3-甲硫基丙醛。粤港澳产虾酱的特征香气化合物为吡嗪类,如2,6-二甲基吡嗪、2-乙基-6-甲基吡嗪等。三甲胺及二甲胺是传统海虾酱的特征风味物,含硫化合物是发酵水产调料的特征风味化合物,但也有可能源于产品配料中的葱、蒜等香辛料。

## 参考文献 (References):

- [1] 苑宁,张蕴哲,贾丽娜,等.关于虾酱品质的研究[J].*中国调味品*,2017,42(8):151-154.  
Yuan N, Zhang Y Z, Jia L N, *et al.* Study on the quality of shrimp paste[J]. *China Condiment*, 2017, 42(8): 151-154(in Chinese).
- [2] 綦翠华.值得开发的海产鲜味调味品[J].*中国调味品*,2006(1):85-90.  
Qi C H. The developmental value of the sauce made from seafood[J]. *China Condiment*, 2006(1): 85-90(in Chinese).
- [3] 朱蓓薇,薛长湖.海洋水产品加工与食品安全[M].北京:科学出版社,2016.  
Zhu B W, Xue C H. *Marine Aquatic Products Processing and Food Safety*[M]. Beijing: Science Press, 2016 (in Chinese).
- [4] 吴帅.快速发酵虾酱抗氧化活性的研究[D].湛江:广东海洋大学,2016.  
Wu S. Research on antioxidant activity of fast fermented shrimp paste[D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2016 (in Chinese).
- [5] 陈通,谷航,陈明杰,等.基于气相离子迁移谱技术的葵花籽油精炼程度的研究[J].*食品科学*,2019,40(18):312-316.  
Chen T, Gu H, Chen M J, *et al.* Measurement of the refining degree of sunflower oil based on gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. *Food Science*,



- 2019, 40(18): 312-316(in Chinese).
- [ 6 ] Liedtke S, Seifert L, Ahlmann N, *et al.* Coupling laser desorption with gas chromatography and ion mobility spectrometry for improved olive oil characterisation[J]. *Food Chemistry*, 2018, 255: 323-331.
- [ 7 ] 薛永霞, 卫赛超, 张菊, 等. 尼罗罗非鱼制作传统上海熏鱼过程中的风味变化[J]. *水产学报*, 2019, 43(7): 1661-1677.
- Xue Y X, Wei S C, Zhang J, *et al.* Changes of flavor components of *Oreochromis niloticus* during the processing of traditional Shanghai smoked fish[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2019, 43(7): 1661-1677(in Chinese).
- [ 8 ] Flores M, Durá M A, Marco A, *et al.* Effect of *Debaryomyces* spp. on aroma formation and sensory quality of dry-fermented sausages[J]. *Meat Science*, 2004, 68(3): 439-446.
- [ 9 ] Kani Y, Yoshikawa N, Okada S, *et al.* Taste-active components in the mantle muscle of the oval squid *Sepioteuthis lessoniana* and their effects on squid taste[J]. *Food Research International*, 2008, 41(4): 371-379.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health Commission of the people's Republic of China GB 5009.3-2016 National food safety standard Determination of moisture in foods[S]. Beijing: China Standard Press, 2017 (in Chinese).
- [11] 江津津, 梁兰兰, 林婉玲, 等. 鱼露特征挥发性化合物的研究进展[J]. *水产学报*, 2017, 41(6): 984-992.
- Jiang J J, Liang L L, Lin W L, *et al.* Research progress of characteristic volatile compounds of fish sauce[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2017, 41(6): 984-992(in Chinese).
- [12] 陈永敢, 陈川平, 张来军. 南海虾酱的营养成分分析[J]. *中国调味品*, 2018, 43(2): 145-147, 151.
- Chen Y G, Chen C P, Zhang L J. Analysis of the nutritional components of shrimp paste from the South China Sea[J]. *China Condiment*, 2018, 43(2): 145-147, 151(in Chinese).
- [13] Lv X R, Li Y, Cui T Q, *et al.* Bacterial community succession and volatile compound changes during fermentation of shrimp paste from Chinese Jinzhou region[J]. *LWT*, 2020, 122: 108998.
- [14] Daroonpant R, Uchino M, Tsujii Y, *et al.* Chemical and physical properties of Thai traditional shrimp paste (*Kapi*)[J]. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2016, 6(5): 58-62.
- [15] Pongsetkul J, Benjakul S, Sampavapol P, *et al.* Chemical composition and physical properties of salted shrimp paste (*Kapi*) produced in Thailand[J]. *International Aquatic Research*, 2014, 6(3): 155-166.
- [16] 孙宝国. 食用调香术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 25-32.
- Sun B G. Flavoring[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003: 25-32 (in Chinese).
- [17] 尹超. 虾酱发酵过程中菌相变化规律及对风味形成的影响[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2019: 17-20.
- Yin C. Bacterial dynamics during fermentation of shrimp paste and its effect on flavor formation[D]. Qingdao: Qingdao University of Science & Technology, 2019: 17-20 (in Chinese).
- [18] 吴燕燕, 王悦齐, 李来好, 等. 基于电子鼻与HS-SPME-GC-MS技术分析不同处理方式腌干带鱼挥发性风味成分[J]. *水产学报*, 2016, 40(12): 1931-1940.
- Wu Y Y, Wang Y Q, Li L H, *et al.* Analysis of volatile components in various cured hairtail by electronic nose and HS-SPME-GC-MS[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2016, 40(12): 1931-1940(in Chinese).
- [19] 徐丹萍, 蒲彪, 刘书亮, 等. 不同发酵方式的泡菜挥发性成分分析[J]. *食品科学*, 2015, 36(16): 94-100.
- Xu D P, Pu B, Liu S L, *et al.* Analysis of volatile components in pickles fermented with different starter cultures[J]. *Food Science*, 2015, 36(16): 94-100(in Chinese).
- [20] 连鑫. 传统虾酱中风味微生物的分离及快速发酵技术的研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2014.
- Lian X. Separation of flavor microorganisms in traditional shrimp paste and research on fast fermentation technology[D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2014 (in Chinese).
- [21] Pongsetkul J, Benjakul S, Vongkamjan K, *et al.* Changes in volatile compounds, ATP-related compounds and antioxidative properties of *Kapi*, produced from *Acetes vulgaris*, during processing and fermentation[J]. *Food Bioscience*, 2017, 19: 49-56.

- [22] 步婷婷, 徐大伦, 杨文鸽, 等. 虾籽酱发酵工艺条件的优化及其挥发性风味成分研究[J]. *核农学报*, 2016, 30(1): 110-119.  
Bu T T, Xu D L, Yang W G, *et al.* Optimization of fermentation conditions and volatile components of *Centropages mcmurrichi* sauce[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2016, 30(1): 110-119(in Chinese).
- [23] 陈雪, 李英, 霍健聪, 等. 长乐蠔子虾酱发酵过程风味成分变化分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2017, 8(4): 1227-1232.  
Chen X, Li Y, Huo J C, *et al.* Changes of flavor components of Changle midge son shrimp in fermentation process[J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2017, 8(4): 1227-1232(in Chinese).
- [24] Hou Y W, Wang J, Cai Y, *et al.* Biochemical change of fermented scallop (*Argopecten irradians* Lamarck) flour paste in different fermentation periods[J]. *Frontiers of Agriculture in China*, 2011, 5(4): 643-648.
- [25] Guilhon G M S P, da Silva E S, da Silva Santos L, *et al.* Volatile and non-volatile compounds and antimicrobial activity of *Mansoa difficilis* (Cham.) Bureau & K. Schum. (Bignoniaceae)[J]. *Química Nova*, 2012, 35(11): 2249-2253.
- [26] Pilapil A R, Neyrinck E, Deloof D, *et al.* Chemical quality assessment of traditional salt-fermented shrimp paste from Northern Mindanao, Philippines[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2016, 96(3): 933-938.
- [27] 王霞, 黄健, 侯云丹, 等. 电子鼻结合气相色谱-质谱联用技术分析黄鳍金枪鱼肉的挥发性成分[J]. *食品科学*, 2012, 33(12): 268-272.  
Wang X, Huang J, Hou Y D, *et al.* Analysis of volatile components in Yellowfin tuna by electronic nose and GC-MS[J]. *Food Science*, 2012, 33(12): 268-272(in Chinese).

## Flavor characteristics of traditional shrimp sauce from different producing areas

JIANG Jinjin<sup>1\*</sup>, OU Aifen<sup>1</sup>, PAN Guangjian<sup>1</sup>, LIN Wanling<sup>2</sup>, CHEN Qing<sup>1</sup>, CHEN Fenghua<sup>1</sup>

(1. School of Food, Guangzhou City Polytechnic, Guangzhou 510405, China;

2. School of Food Engineering and Biotechnology, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China)

**Abstract:** To explore the flavor characteristics of traditional shrimp sauce from different places of China and to explore the formation mechanism of the flavor, the flavor characteristics of traditional shrimp sauce from different areas were studied by using gas ion migration spectrum and headspace solid phase microextraction gas chromatography/mass spectrometry. There were significant differences in the volatile flavor of traditional shrimp sauce from different places. The gas ion migration spectrum and GC-MS could be used to characterize the odor difference. The volatile components of shrimp sauce from different places are significantly different. 2-ethyl-hexanol, 3-ethyl-2,5-methylpyrazine, dimethylamine, dimethyl trisulfide and 3-methylthiopropionaldehyde are the characteristic volatile compounds of shrimp sauce. QDA results showed that the color and flavor score of shrimp sauce produced in Guangdong, Hong Kong and Macao were better, and the content of protein and free amino acids was higher than that of other samples, but the fishy smell of shrimp sauce was also obvious. There was no significant correlation between the crude fat content of shrimp sauce and QDA score. When the moisture content is between 18% and 28% (*W*%), the viscosity of shrimp sauce is the highest. The characteristic aroma compounds of shrimp sauce produced in Guangdong and Hong Kong are pyrazines, such as 2,6 dimethylpyrazine, 2-ethyl-6-methylpyrazine, etc. Trimethylamine and dimethylamine are the characteristic flavor compounds of traditional shrimp sauce. Sulfur compounds are the characteristic flavor compounds of fermented aquatic seasoning, but they may also be derived from the spices such as onion and garlic in the ingredients.

**Key words:** shrimp sauce; flavor characteristics; volatile compounds; gas chromatography ion mobility spectrometry; headspace solid phase microextraction- gas chromatography-mass spectrometry

**Corresponding author:** JIANG Jinjin. E-mail: 455213049@qq.com

**Funding projects:** Guangdong Natural Science Foundation Project (2018A030313075); Guangdong University Characteristic Innovation Project (Natural Science 2018GKTSCX030); Guangzhou City Polytechnic Scientific Research Team Project; Guangzhou Community Education Service Guidance Center Key Project (2020SQJY001); Project of Engineering Technology Research and Development Center of Guangzhou City Polytechnic(KYG202103)