

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20221118001

http://www.yykxjz.cn/

田龙, 赵玲, 孙慧慧, 胡梦月, 赵玉巧, 曹荣. 我国市售虾酱产品品质分析与评价. 渔业科学进展, 2024, 45(1): 224–233  
TIAN L, ZHAO L, SUN H H, HU M Y, ZHAO Y Q, CAO R. Quality analysis and evaluation of shrimp paste in China. Progress in Fishery Sciences, 2024, 45(1): 224–233

## 我国市售虾酱产品品质分析与评价\*

田 龙<sup>1</sup> 赵 玲<sup>2①</sup> 孙慧慧<sup>2</sup> 胡梦月<sup>2</sup> 赵玉巧<sup>1</sup> 曹 荣<sup>2①</sup>

(1. 江苏海洋大学食品科学与工程学院 江苏 连云港 222005;

2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 山东 青岛 266071)

**摘要** 为了解我国市售虾酱产品的品质现状, 探究不同品种虾酱之间的品质差异, 采集了 32 种市售虾酱, 进行了感官评价和水分、盐分、蛋白质、氨基酸态氮等理化指标的检测, 对品质相关数据进行了统计分析和主成分分析, 并进一步采用电子鼻和气相-离子迁移谱(GC-IMS)对气味进行了分析。结果表明, 市售虾酱色泽和质地差异相对较小, 而气味差异较大。理化指标中, 市售虾酱的氨基酸态氮含量变异系数为 33.91%, 离散程度最大。在主成分分析中, 提取到 3 个主成分, 累计方差贡献率达 82.32%, 表明能够涵盖虾酱品质的基本信息, 水分、氨基酸态氮、气味是影响虾酱综合品质的关键指标。电子鼻聚类热图表明, 在欧式距离 4.03 处可将 32 种虾酱聚为 4 类, 原料是影响聚类的主要因素。对海银虾、蝼蛄虾和白虾 3 种原料的虾酱进行 GC-IMS 分析, 共鉴定出 63 种挥发性成分, 主要是醇类。研究结果可为虾酱产品品质评价与生产工艺改进提供参考。

**关键词** 虾酱; 理化指标; 品质; 主成分分析; 电子鼻; GC-IMS

**中图分类号** TS254.4 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2024)01-0224-10

虾酱又称虾膏, 是一种传统的水产发酵制品, 滋味丰富、气味独特, 在我国沿海和东南亚地区比较盛行(苑宁等, 2017)。虾酱的历史悠久, 被列为省级非物质文化遗产保护名录。种类繁多, 如南方港澳地区的虾膏、广东的幼滑虾酱, 北方地区山东的蝼蛄虾酱、天津的北塘虾酱等都颇具盛名。虾酱传统生产工艺大多简单粗放, 通常以毛虾、蝼蛄虾和麻虾等经济价值低的小型虾类为原料, 在微生物及一系列内源酶作用下自然发酵而成(康宪等, 2013; 范智义等, 2020)。虾酱产品品质受多种因素的影响, 如原料虾种类、虾新鲜度、发酵时间、发酵温度、盐添加量和贮藏时间等。如 Yao 等(2021)研究发现, 分别以虾头、虾肉以及整虾为原料的北塘虾酱的微生物组成显著不同, 导致其风味差异显著。Zhu 等(2019)研究发现, 贮藏 2 年的

虾酱鲜味氨基酸含量最高, 风味最佳等。

目前国内市场上的虾酱产品品种多样, 品质有显著差异, 而对市售虾酱产品品质进行系统评价的研究报道还很少。对同类型不同品牌的产品品质进行评价时, 通常采用综合数据分析法, 其中, 主成分分析法(principal component analysis, PCA)是一种常用的多变量统计分析方法(陈胜军等, 2019; Pongsetkul *et al.*, 2022), 其通过正交转换对初始变量降维, 用少数几个变量代替多个变量, 并且可以最大限度保留原有的基础信息(张维等, 2021)。如侯钟令等(2020)基于主成分分析法建立了市售南极磷虾油品质分析模型, 为产品品质等级评定提供了技术手段。

为进一步了解我国市售虾酱的品质概况, 本研究收集了 32 种市售虾酱, 进行了感官评定和主要的理

\* 青岛海洋科学与技术试点国家实验室“十四五”重大项目(2022QNLM030002)资助。田 龙, E-mail: 1451006235@qq.com

① 通信作者: 曹 荣, 研究员, E-mail: caorong@ysfri.ac.cn; 赵 玲, E-mail: zhaoling@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2022-11-18, 收修改稿日期: 2022-11-24

化指标的测定,通过主成分分析法对产品进行了综合评价。在此基础上,对影响虾酱品质的关键因素——风味做了进一步分析。研究结果可以为虾酱产品的品质评价、标准化生产等提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料与设备

分别于山东、广东、河北、天津、辽宁和江苏采集虾酱产品 32 种,按照样品采集先后顺序依次编号,样品主要信息见表 2。NaOH、AgNO<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>、无水硫酸铜、K<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>、H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>、HCl、浓硫酸、CH<sub>2</sub>O 等均为分析纯,购自国药化学试剂有限公司。

pH808 型 pH 计(希玛 SMART SENSOR 仪表公司); LX0711 型箱式高温电阻炉(天津市莱玻特瑞仪器有限公司); DHG-9140A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司); IKA T18 型高速分散机(IKA 公司,德国); ME204 型分析天平(0.1 mg,梅特勒托利多科技(中国)有限公司); K9840 型凯氏定氮仪(济南海能仪器股份有限公司); PEN-3 型电子鼻(Airsense 公司,德国)。

### 1.2 实验方法

**1.2.1 感官评价方法** 参照李丽华等(2014)的方法,由 10 位接受过感官评定培训的人员组成评定小组,根据表 1 标准分别对 32 种虾酱产品进行感官评分,结果以平均值表示。

表 1 虾酱感官评价表

评分 Score	色泽 Color	质地 Texture	气味 Smell
5	特有的红褐色,有光泽	嫩滑,黏稠度适中,质地均匀	虾酱特有的浓郁香气
4	偏褐色,光泽度一般	较嫩滑,粘稠度一般,质地较均匀	香气稍淡,略有腥味
3	偏黄色,略有光泽	粘稠度稍差,略微出现分层	香气不明显,有腥臭味
2	酱色发乌	粘稠度度差,分层较明显	无香气,异味明显
1	偏黑色,无光泽	不黏稠,分层明显	有刺激性臭味

**1.2.2 电子鼻测定方法** 参照李倩等(2022)的方法,略作修改。取 0.5 g 样品置于 20 mL 顶空瓶中,准备时间 10 s,检测时间 150 s,清洗时间 100 s。电

子鼻测试数据采用 WinMuster 软件进行分析。

### 1.2.3 气相色谱-离子迁移谱仪(GC-IMS)测定方法

参考孟维一等(2021)的方法,略作修改。准确称取 1.0 g 虾酱,放入 20 mL 顶空进样瓶中,60 °C 平衡 20 min 后,通过自动顶空进样,用 GC-IMS 进行检测。通过比对 NIST 气相保留指数数据库与 IMS 迁移时间数据库对物质进行定性分析,采用设备自带 LAV 软件的 Gallery Plot 功能绘制样品中的挥发性物质图谱。

**1.2.4 理化指标测定方法** 水分含量测定参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法。

灰分含量测定参照 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》。

盐分含量测定参照 SC/T 3011—2001《水产品中盐分的测定》中的直接滴定法。

氨基酸态氮含量测定参照 GB 5009.235—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸态氮的测定》中的酸度计法。

蛋白质含量测定参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法。

**1.2.5 主成分分析方法** 参考刘惠惠等(2021)的方法,通过式(1)分别计算出每个样品的主成分得分,通过式(2)计算出样品的综合得分,以此作为综合排序依据。

$$F = \sum_j \lambda_j * ZX_j \quad (1)$$

$$F_{综合} = \frac{i_1}{i_1 + i_2 + i_3} * F_1 + \frac{i_2}{i_1 + i_2 + i_3} * F_2 + \frac{i_3}{i_1 + i_2 + i_3} * F_3 \quad (2)$$

式(1)中,  $F$  为主成分得分;  $\lambda_j$  为  $j$  指标特征向量;  $ZX_j$  为标准化处理后的  $j$  指标数值; 式(2)中,  $i_n$  为第  $n$  个主成分的特征值。

**1.2.6 数据处理** 实验重复 2 次,每组样品做 3 个平行,使用 Excel 软件进行数据统计处理,利用 SPSS 22.0 软件进行主成分分析,采用 Origin 2018 绘制聚类热图。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官评价结果

从色泽、质地和气味 3 个方面对市售虾酱感官品质进行评价,结果如表 2 所示。市售虾酱的色泽得分范围为 1.8~4.5,平均得分为 3.3,变异值为 23.06%;质地得分范围为 1.75~4.75,平均得分为 3.36,变异值为 22.99%;气味得分范围为 0.3~4.0,平均得分仅

为 2.84, 变异值达到 37.64%, 说明市售虾酱的色泽和质地整体差异相对较小, 而不同品牌虾酱产品的气味存在很大差异, 且气味总体接受程度较低。虾酱的气味与原料种类、原料新鲜度、发酵工艺等多种因素有关。发酵过程中, 原料虾在嗜盐微生物作用下, 蛋白质、碳水化合物和脂肪酸被分解, 生成多种酮类、醛类和烷烃类化合物, 从而增加虾酱的发酵香味(Lu *et al.*, 2022), 与此同时也会产生甲基硫化物、三甲胺等一些令人不愉悦的气味(Lü *et al.*, 2020)。

## 2.2 理化指标分析结果

虾酱样品的水分、灰分、盐分、氨基酸态氮和蛋白质含量检测结果见表 2。水分对应的变异系数最小, 氨基酸态氮对应的变异系数最大, 达到 33.91%, 表明氨基酸态氮是评定虾酱品质的重要指标。SC/T 3602-2016《虾酱》中规定, 虾酱的水分含量应 $\leq 60\%$ , 灰分含量应 $\leq 35\%$ , 盐分含量应 $\leq 25\%$ , 蛋白质含量

应 $\geq 10.0$  g/100 g, 氨基酸态氮含量应 $\geq 0.6$  g/100 g。在采集的 32 种样品中, 有 7 种样品的水分含量明显高于 60%, 可能与生产时缩短发酵周期有关(Handayani *et al.*, 2021)。32 种虾酱的灰分含量均 $\leq 35\%$ , 符合标准要求。50%的市售虾酱样品盐分含量大于 20%, 说明市售虾酱多为高盐发酵虾酱, 高盐饮食可能会导致血压升高等一系列健康问题, 降低传统虾酱中的盐分含量更符合现代消费者的消费理念(于慧等, 2017; Cai *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2022)。28 个样品的蛋白质含量符合要求, 不合格率为 12.5%。31 个虾酱样品的氨基酸态氮含量符合标准要求, 其中有 78.13% 的虾酱样品的氨基酸态氮含量大于 1.0 g/100 g, 少数虾酱甚至可以达到 2.0 g/100 g 以上, 显著高于鱼露的氨基酸态氮含量(李文静等, 2022), 与市售蚝油的氨基酸态氮含量相当(丁奇等, 2021)。氨基酸态氮与虾酱的鲜味密切相关, 是影响产品品质的关键指标之一。

表 2 市售虾酱感官评分与生化指标分析结果

Tab.2 Results of sensory score and biochemical index of shrimp paste products gathered from Chinese market

样品 编号 Number	产地 Origin	原料虾品种 Shrimp species	色泽 Color	质地 Texture	气味 Smell	水分 Moisture /%	灰分 Ash /%	盐分 Salinity /%	氨基酸态氮 Amino acid nitrogen/(g/100 g)	蛋白质 Protein /(g/100 g)
1	山东 Shandong	中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	2.8	4.3	2.0	71.74	13.82	12.66	0.90	13.70
2	山东 Shandong	中国毛虾 <i>A. chinensis</i>	3.0	4.0	2.3	60.80	21.20	19.10	1.12	16.63
3	山东 Shandong	蛄子虾 Grasshopper shrimp	4.3	4.8	3.8	62.07	26.05	23.85	0.34	9.47
4	天津 Tianjin	麻线虾 <i>Neomysis awatschensis</i>	3.3	3.8	2.3	60.20	19.78	22.41	1.23	13.08
5	天津 Tianjin	麻线虾 <i>N. awatschensis</i>	4.3	4.0	3.5	61.29	25.71	20.18	1.23	12.86
6	广东 Guangdong	海银虾 Silver shrimp	2.3	3.0	3.8	51.80	32.83	21.44	1.81	20.23
7	广东 Guangdong	海银虾 Silver shrimp	1.8	1.8	1.8	42.44	27.31	32.64	2.36	25.16
8	山东 Shandong	中国毛虾 <i>A. chinensis</i>	4.5	4.0	3.5	59.51	23.09	21.31	1.26	14.82
9	山东 Shandong	蛄子虾 Grasshopper shrimp	4.5	2.8	2.8	55.86	15.55	12.08	2.25	32.41
10	河北 Hebei	虾丝 Shrimp silk	3.8	2.3	2.8	55.39	27.60	25.57	1.25	12.50
11	河北 Hebei	虾丝 Shrimp silk	4.0	3.0	3.5	57.87	25.82	32.36	1.28	11.62
12	河北 Hebei	幼虾丝 Shrimp silk	3.8	4.3	3.5	50.50	26.02	23.18	1.43	13.58
13	山东 Shandong	中国毛虾 <i>A. chinensis</i>	2.8	3.5	0.3	62.79	20.52	18.43	1.73	14.62

续表

样品 编号 Number	产地 Origin	原料虾品种 Shrimp species	色泽 Color	质地 Texture	气味 Smell	水分 Moisture /%	灰分 Ash /%	盐分 Salinity /%	氨基酸态氮 Amino acid nitrogen/(g/100 g)	蛋白质 Protein /(g/100 g)
14	山东 Shandong	中国毛虾 <i>A. chinensis</i>	3.8	3.3	3.3	69.43	14.27	12.50	1.66	14.39
15	山东 Shandong	脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>	3.0	3.3	3.3	70.99	16.45	14.74	0.87	9.13
16	河北 Hebei	乌虾 <i>Neomysis awatschensis</i>	3.5	3.8	3.5	54.64	25.45	22.36	1.33	14.13
17	广东 Guangdong	海银虾 Silver shrimp	2.3	2.5	2.8	50.15	25.36	21.58	2.11	20.48
18	广东 Guangdong	海银虾 Silver shrimp	2.3	2.3	1.8	53.41	21.59	16.75	2.03	20.72
19	山东 Shandong	中国毛虾 <i>A. chinensis</i>	3.0	3.5	1.3	59.13	17.03	14.65	1.01	13.15
20	山东 Shandong	中国毛虾 <i>A. chinensis</i>	2.5	3.5	3.5	62.14	25.86	19.75	0.86	11.70
21	山东 Shandong	中国毛虾 <i>A. chinensis</i>	4.0	3.8	2.3	69.03	15.14	13.46	1.15	13.62
22	山东 Shandong	中国毛虾 <i>A. chinensis</i>	3.5	3.5	2.0	68.47	14.43	13.50	1.23	13.22
23	山东 Shandong	蛄子虾 Grasshopper shrimp	2.5	2.5	4.0	68.06	25.26	22.95	1.15	10.62
24	天津 Tianjin	对虾头 Prawns heads	4.0	3.8	1.3	65.22	19.52	15.80	0.95	10.76
25	辽宁 Liaoning	蛄子虾 Grasshopper shrimp	3.5	3.0	4.5	52.73	22.73	17.49	1.51	14.81
26	辽宁 Liaoning	脊尾白虾 <i>E. carinicauda</i>	3.5	2.0	4.5	55.11	22.57	23.84	1.57	13.43
27	辽宁 Liaoning	中国毛虾 <i>A. chinensis</i>	3.5	3.0	4.0	57.12	25.89	26.75	1.32	11.65
28	辽宁 Liaoning	蛄子虾 Grasshopper shrimp	3.5	3.0	4.0	59.18	26.22	20.31	1.41	14.10
29	辽宁 Liaoning	麻线虾 <i>N.awatschensis</i>	2.5	2.5	3.5	58.05	23.53	18.17	1.02	9.56
30	江苏 Jiangsu	麻线虾 <i>N.awatschensis</i>	3.0	3.0	1.0	71.46	16.12	16.77	0.81	9.20
31	江苏 Jiangsu	蛄子虾 Grasshopper shrimp	3.0	3.5	3.0	71.05	16.27	15.76	0.97	11.19
32	江苏 Jiangsu	中国毛虾 <i>A. chinensis</i>	2.0	2.0	2.0	67.10	18.58	25.37	1.04	10.94
	最大值	Maximal value	4.5	4.8	4.5	71.74	27.6	26.75	2.36	25.16
	最小值	Minimum value	1.8	1.8	0.3	42.44	13.82	12.08	0.34	9.13
	平均值	Average value	3.23	3.21	2.84	60.46	21.55	19.43	1.32	14.05
	标准偏差	Standard deviation	0.75	0.74	1.07	7.36	4.51	4.35	0.45	4.08
	变异值	Variant value	23.06%	22.99%	37.64%	12.17%	20.91%	22.36%	33.91%	29.07%

### 2.3 主成分分析结果

对表 2 数据进行 KMO 检验和巴利特球检验,

KMO 值为 0.623, 巴利特球检验的 Sig < 0.05, 说明样本适用于主成分分析, 且各个变量在一定程度上相互独立(马双等, 2020)。表 3 为 8 个主成分的特征值、

表3 主成分的特征值、贡献率及指标权重

Tab.3 Eigenvalue, contribution rate and index weight of principal components

主成分 Component	特征值 Total	方差贡献率 Contribution rate of variance/%	累计方差贡献率 Accumulated variance contribution rate/%
I	3.27	40.89	40.89
II	2.09	26.14	67.04
III	1.22	15.29	82.32
IV	0.68	8.52	90.84
V	0.40	5.00	95.84
VI	0.16	2.04	97.88
VII	0.10	1.25	99.13
VIII	0.07	0.87	100.00

方差贡献率以及累计方差贡献率,根据主成分特征值大于1的原则,提取到3个主成分(PC1、PC2、PC3),其累计方差贡献率达到82.32%,说明这3个主成分

可以基本涵盖虾酱品质的相关信息。

主成分的载荷矩阵及其品质指标的载荷值如表4所示,指标的载荷绝对值越大,表示指标对该主成分的贡献越大。综合主成分的方差贡献率分析可知,主成分1的方差贡献率为40.89%,水分、氨基酸态氮、蛋白质、质地在主成分1中起主要作用,其中水分和氨基酸态氮的载荷绝对值最大,是主成分1的主要贡献指标。主成分2的方差贡献率为26.14%,灰分、盐分、气味在主成分2中起主要作用,其中气味的载荷绝对值最大,是主成分2的主要贡献指标。主成分3的方差贡献率为15.29%,其中色泽的载荷值最大。根据各个变量在不同主成分中的载荷绝对值,水分、氨基酸态氮和气味是影响虾酱综合品质的主要指标。

构建各主成分得分与虾酱各品质指标之间的线性关系式,以及综合得分与各主成分得分之间的线性关系式,如下:

$$F_1 = -0.501ZX_1 + 0.377ZX_2 + 0.321ZX_3 + 0.425ZX_4 + 0.376ZX_5 - 0.196ZX_6 - 0.354ZX_7 + 0.131ZX_8;$$

表4 主成分的载荷矩阵及其指标的特征向量

Tab.4 Load matrix of principal components and characteristic vector of its indicators

指标 Index	PC1		PC2		PC3	
	载荷 Loading coefficient	特征向量 Characteristic vector	载荷 Loading coefficient	特征向量 Characteristic vector	载荷 Loading coefficient	特征向量 Characteristic vector
水分 Moisture	-0.906	-0.501	-0.086	-0.059	-0.233	-0.211
灰分 Ash	0.683	0.377	0.651	0.450	-0.036	-0.032
盐分 Salinity	0.581	0.321	0.653	0.451	-0.300	-0.271
氨基酸态氮 Amino acid nitrogen	0.769	0.425	-0.504	-0.349	0.293	0.265
蛋白质 Protein	0.681	0.376	-0.565	-0.391	0.383	0.347
色泽 Color	-0.355	-0.196	0.363	0.251	0.758	0.686
质地 Texture	-0.641	-0.354	0.252	0.174	0.452	0.408
气味 Smell	0.236	0.131	0.683	0.472	0.255	0.231

$$F_2 = -0.059ZX_1 + 0.450ZX_2 + 0.451ZX_3 - 0.349ZX_4 - 0.391ZX_5 + 0.251ZX_6 + 0.174ZX_7 + 0.472ZX_8;$$

$$F_3 = -0.211ZX_1 - 0.032ZX_2 - 0.271ZX_3 + 0.265ZX_4 + 0.347ZX_5 + 0.686ZX_6 + 0.408ZX_7 + 0.231ZX_8;$$

$$F_{\text{综合}} = 0.497F_1 + 0.318F_2 + 0.185F_3。$$

该模型可以为科学评价虾酱品质提供理论参考,也可为生产企业品控提供技术手段。

## 2.4 电子鼻分析结果

气味是影响虾酱品质的关键因素之一。为进一步探究不同品种虾酱的气味组成差异,将电子鼻测定结果进行了聚类分析,结果见图1。在欧氏距离4.03处将32种虾酱聚为4类,第1类(样品编号为1、4、3、

2、15、24、21、22、23)的W3S传感器响应值较高,W3S传感器对烷烃类物质敏感,这类物质主要来自于虾中脂肪酸烷氧自由基的均裂(栾宏伟等,2020),李莹等(2016)在传统锦州白虾酱中也检测到少量烷烃物质,且主要是长链脂肪烃类。第2类(样品编号为5、14、6、26、7、18、17、16)的W2S传感器响应值较高,说明其风味物质中包含的醇类物质含量较高,以海银虾为原料的虾酱都涵盖在此类中。第3类(样品编号为8、12、10、27、9、28、25、29)的W1S传感器响应值比较高,部分蛄子虾酱聚到此类中。第4类(样品编号为11、19、31、32、13、30、20)的W2W传感器响应值相对较高,而W1S、W3S传感器响应

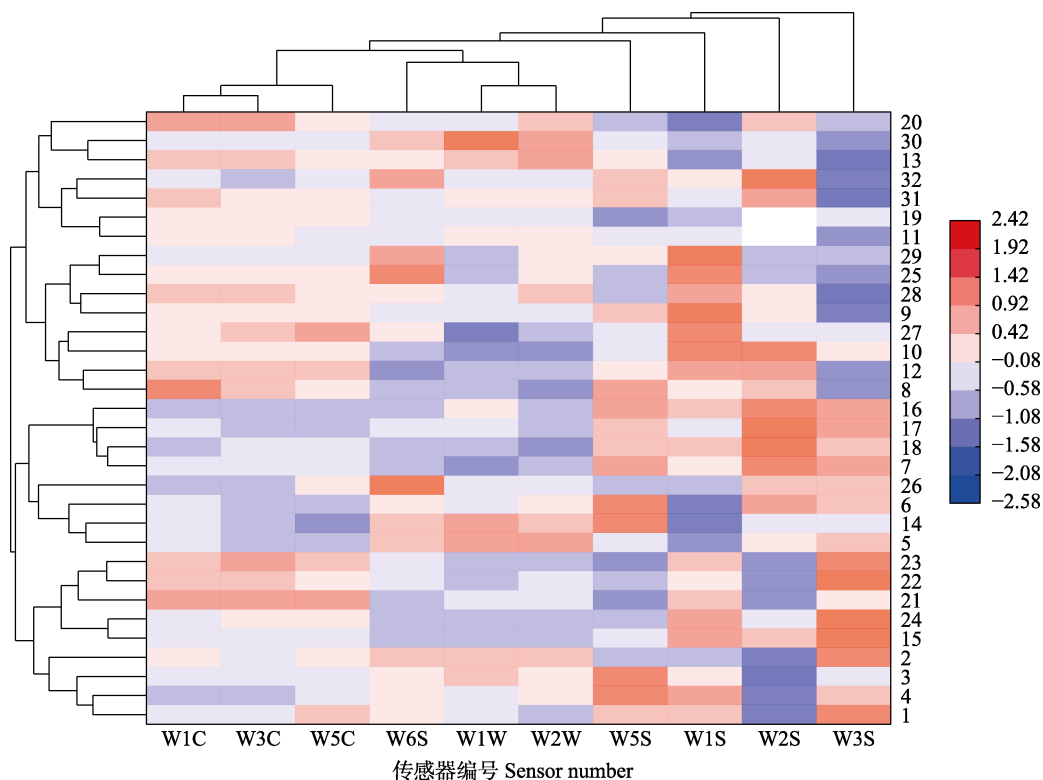


图 1 虾酱电子鼻聚类分析热图

Fig.1 Cluster heat map of shrimp paste by electronic nose

W1C 传感器对芳香物质灵敏; W3C 传感器对芳香成分灵敏; W5C 传感器对烷烃芳香成分灵敏; W6S 传感器对氢气灵敏; W1W 传感器对硫化物灵敏; W2W 传感器对有机硫化物灵敏; W5S 传感器对氮氧化物灵敏; W1S 传感器对甲烷灵敏; W2S 传感器对乙醇灵敏; W3S 传感器对烷烃灵敏。

W1C sensor is sensitive to aromatic substances; W3C sensor is sensitive to aromatic component; W5C sensor is sensitive to aromatic component of alkanes; W6S sensor is sensitive to hydrogen; W1W sensor is sensitive to sulfide; W2W sensor is sensitive to organic sulfide; W5S sensor is sensitive to nitrogen oxides; W1S sensor is sensitive to methane; W2S sensor is sensitive to ethanol; W3S sensor is sensitive to alkane.

值较低, 以毛虾为原料生产的虾酱产品很多聚到此类。由此, 不同品种市售虾酱气味轮廓有明显差别, 其中原料不同是造成这种差异的主要原因之一。

## 2.5 GC-IMS 分析结果

为进一步探究不同原料虾酱的气味差异, 基于电子鼻分析的结果, 选取 3 种原料虾(海银虾、白虾和蛄子虾)加工成的虾酱做进一步分析, 结果见图 2。从 3 种虾酱共鉴定出 63 种挥发性物质, 包括醇类 18 种、醛类 8 种、酯类 8 种、吡嗪类 7 种、酮类 6 种、酸类 5 种、烷烃类 5 种、呋喃类 3 种。其中, 醇类物质含量较高, 这与之前的多项研究结论一致, 如赵洪雷等(2019)研究发现, 醇类物质是虾酱中主要的挥发性成分, Li 等(2023)在研究河北沧州虾酱时也得出类似的结果。

海银虾酱和白虾酱中的挥发性物质主要包括醇

类、醛类和酮类, 如 2-硫代呋喃甲醇、戊醛、5-甲基 3-庚酮, 且海银虾酱醇类物质较多, 如 3-甲基-2-丁醇、4-甲基-2-戊醇、3-甲基-1-戊醇, 这与电子鼻分析结果一致。白虾酱中含有多种酯类化合物, 如丁酸乙酯、丙酸己酯。蛄子虾酱中吡嗪类化合物和酯类化合物含量较高, 如 2,3,5-三甲基吡嗪、3-甲基丁酸乙酯。这些挥发性物质种类和含量的差异是造成不同原料虾酱风味差异的主要原因。

## 3 结论

32 种市售虾酱的色泽和组织形态差异较小, 而气味差异明显。理化指标中, 有 7 个样品的水分含量明显高于标准限量, 占收集样品数量的 20%, 这可能与发酵周期缩短有关; NaCl 质量分数 >20% 的高盐虾酱比例较高; 氨基酸态氮含量差别大, 变异系数

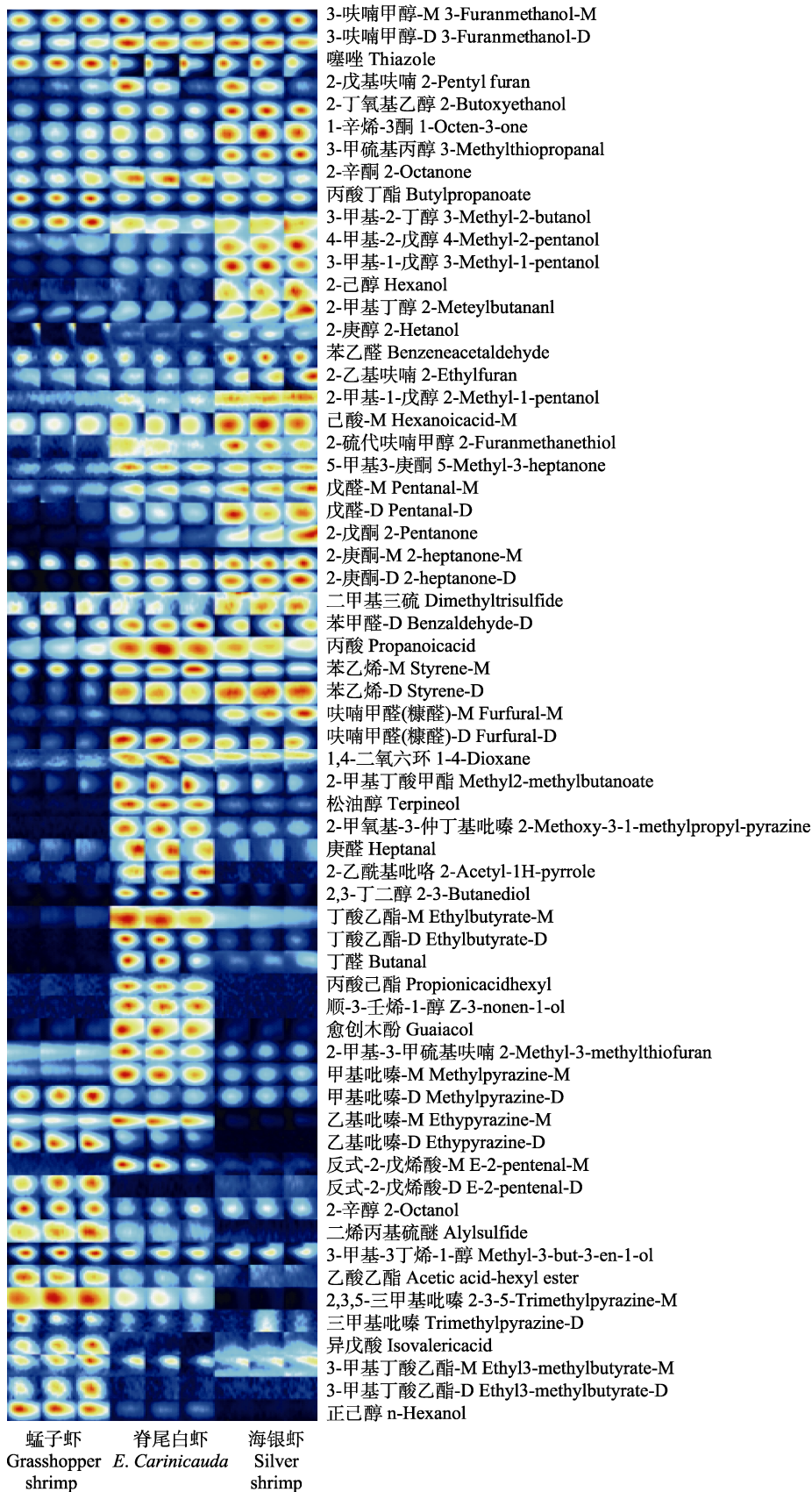


图 2 不同原料虾酱的 Gallery Plot 图谱

Fig.2 Gallery Plot map of shrimp paste with different ingredients

达 33.91%。通过主成分分析得出, 氨基酸态氮、水分含量、气味是影响虾酱品质的主要因素, 并建立了综合评价模型:

$$F_{\text{综合}}=0.497F_1+0.318F_2+0.185F_3。$$

电子鼻可将 32 种虾酱聚为 4 类, 原料是影响聚类的主要因素。借助 GC-IMS 从虾酱产品中鉴定出 63 种挥发性成分, 主要是醇类。下一步将结合气味贡献对特征性挥发性成分进行筛选, 建立无损快速的虾酱品质评价方法。

## 参 考 文 献

- CAI L, WANG Q, DONG Z, *et al.* Biochemical, nutritional, and sensory quality of the low salt fermented shrimp paste. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2017, 26(6): 706–718
- CHEN S J, LIU X J, YANG X Q, *et al.* Analysis of characteristic elements and establishment of principal component evaluation model of abalone from different habitats. *Progress in Fishery Sciences*, 2019, 40(2): 83–90 [陈胜军, 刘先进, 杨贤庆等. 不同产地鲍鱼特征元素分析与主成分评价模型的建立. *渔业科学进展*, 2019, 40(2): 83–90]
- DING Q, MA L L, LANG S, *et al.* Analysis and comparison amino acid nitrogen and total acid in different condiments. *Analytical Instrumentation*, 2021(3): 70–74 [丁奇, 马立利, 郎爽, 等. 不同调味品中氨基酸态氮、总酸含量的分析及比较研究. *分析仪器*, 2021(3): 70–74]
- FAN Z Y, DENG W Q, LI H, *et al.* Reserach progress on the desalination of traditional fermented condiments. *China Condiment*, 2020, 45(7): 194–200 [范智义, 邓维琴, 李恒, 等. 传统发酵调味品低盐化的研究进展. *中国调味品*, 2020, 45(7): 194–200]
- HANDAYANI B R, ZAINURI, ARIYANA M D, *et al.* Quality profiles of the traditional shrimp paste of lombok. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, 913(1): 012033
- HOU Z L, ZHU L L, ZHOU D Q, *et al.* Construction of quality analysis model of Antarctic ktill oil based on principal component analysis algorithm. *Journal of Southern Agriculture*, 2020, 51(9): 2227–2235 [侯钟令, 朱兰兰, 周德庆, 等. 基于主成分分析算法的市售南极磷虾油品质分析模型构建. *南方农业学报*, 2020, 51(9): 2227–2235]
- KANG X, DAI P, LIN J, *et al.* Reserach progress of production technology of shrimpe paste. *China Brewing*, 2013, 32(9): 21–23 [康宪, 戴萍, 林捷, 等. 传统虾酱生产技术的研究进展. *中国酿造*, 2013, 32(9): 21–23]
- LI L H, ZHAO L, CAO R, *et al.* Effect of raw shrimp freshness on quality of shrimp paste. *Storage and Process*, 2014, 14(5): 31–35 [李丽华, 赵玲, 曹荣, 等. 原料虾新鲜度对虾酱品质的影响. *保鲜与加工*, 2014, 14(5): 31–35]
- LI Q, XIA G L, CAO R, *et al.* Changes in the flavor of *Apostichopus japonicus* gonads during enzymatic hydrolysis. *Progress in Fishery Sciences*, 2022, 43(6): 239–248 [李倩, 夏光丽, 曹荣, 等. 仿刺参性腺酶解过程风味变化. *渔业科学进展*, 2022, 43(6): 239–248]
- LI W J, LI C S, WANG Y Q, *et al.* Improvement effect of *Halanaerobium fermentans* YL9-2 on quality and flavor of fish sauce during fermentation. *South China Fisheries Science*, 2022, 18(2): 115–123 [李文静, 李春生, 王悦齐, 等. 发酵盐厌氧菌 YL9-2 对鱼露发酵过程中品质和风味的改善作用. *南方水产科学*, 2022, 18(2): 115–123]
- LI W Y, MI S, LIU X C, *et al.* Variations in the physicochemical properties and bacterial community composition during fermentation of low-salt shrimp paste. *Food Research International*, 2022, 154: 111034
- LI Y, LÜ X R, MA H H, *et al.* Analysis of volatile compounds in traditional Jinzhou shrimp paste using HP-SPME/GC-MS. *Food Fermentation Industries*, 2016, 42(9): 210–216 [李莹, 吕欣然, 马欢欢, 等. 应用顶空-固相微萃取结合气相色谱-质谱联用技术分析传统锦州虾酱中挥发性物质. *食品与发酵工业*, 2016, 42(9): 210–216]
- LI Y, YUAN L, LIU H, *et al.* Analysis of the changes of volatile flavor compounds in a traditional Chinese shrimp paste during fermentation based on electronic nose, SPME-GC-MS and HS-GC-IMS. *Food Science and Human Wellness*, 2023, 12(1): 173–182
- LIU H H, WU W G, LIAO L Y. Quality evaluation of instant rice sold in market. *Journal of Food Science and Technology*, 2021, 39(6): 133–143 [刘惠惠, 吴卫国, 廖卢艳. 市售挤压方便米饭品质评价. *食品科学技术学报*, 2021, 39(6): 135–143]
- LUAN H W, ZHU W H, ZHU L W, *et al.* Effect of different fermentation time on the flavor of shrimp paste. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(12): 75–81, 87 [栾宏伟, 朱文慧, 祝伦伟, 等. 不同发酵时间对乌虾酱风味的影响. *食品工业科技*, 2020, 41(12): 75–81, 87]
- LU K, LIU L, ZI J, *et al.* New insights from flavoromics on different heating methods of traditional fermented shrimp paste: The volatile components and metabolic pathways. *LWT-Food Science and Technology*, 2022, 168: 113880
- LÜ X, LI Y, CUI T, *et al.* Bacterial community succession and volatile compound changes during fermentation of shrimp paste from Chinese Jinzhou region. *LWT-Food Science and Technology*, 2020, 122: 108998
- MA S, HAO S X, LI L H, *et al.* Volatile compound evaluation of six varieties of caviar by principal componets analysis. *Food and Fermentation Industries*, 2020, 46(11): 269–276 [马双, 郝淑贤, 李来好, 等. 基于主成分分析的六种鱼子酱挥发性成分评价. *食品与发酵工业*, 2020, 46(11): 269–276]
- MENG W Y, GU J, XU Q Q, *et al.* Analysis of volatile flavor compounds in pork meat from different carcass locations and breeds by gas chromatography-ion mobility spectrometry. *Food Science*, 2021, 42(24): 206–212 [孟维



- 一, 古瑾, 徐淇淇, 等. 顶空气相色谱-离子迁移谱分析不同部位和品种猪肉的挥发性风味化合物. *食品科学*, 2021, 42(24): 206–212]
- PONGSETKUL J, BENJAKUL S, BOONCHUEN P. Changes in volatile compounds and quality characteristics of salted shrimp paste stored in different packaging containers. *Fermentation*, 2022, 8(2): 69
- YAO Y, ZHOU X, HADIATULLAH H, *et al.* Determination of microbial diversities and aroma characteristics of Beitang shrimp paste. *Food Chemistry*, 2021, 344: 128695
- YU H, LIU H M, WANG J, *et al.* Kinetic modeling of quality changes of low-salt shrimp sauce during fermentation. *Food Science*, 2017, 38(18): 17–21 [于慧, 刘海梅, 王静, 等. 低盐虾酱品质动力学模型的建立. *食品科学*, 2017, 38(18): 17–21]
- YUAN N, ZHANG Y Z, JIA L N, *et al.* Study on the quality of shrimp paste. *China Condiment*, 2017, 42(8): 151–154 [苑宁, 张蕴哲, 贾丽娜, 等. 关于虾酱品质的研究. *中国调味品*, 2017, 42(8): 151–154]
- ZHAO H L, YIN Y M, CHEN Y Y, *et al.* Flavor characteristics shrimp pastes from different regions and variance analysis. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45(10): 194–200 [赵洪雷, 尹一鸣, 陈义莹, 等. 不同产地虾酱风味特征及差异分析. *食品与发酵工业*, 2019, 45(10): 194–200]
- ZHANG W, FU F H, LUO S N, *et al.* Quality analysis and evaluation of Hunan red kiwifruit varieties. *Food and Fermentation Industries*, 2021, 47(5): 201–210 [张维, 付复华, 罗赛男, 等. 湖南红心猕猴桃品种品质评价及综合分析. *食品与发酵工业*, 2021, 47(5): 201–210]
- ZHU W, LUAN H, BU Y, *et al.* Flavor characteristics of shrimp sauces with different fermentation and storage time. *LWT-Food Science and Technology*, 2019, 110: 142–151

(编辑 陈 辉)

## Quality Analysis and Evaluation of Shrimp paste in China

TIAN Long<sup>1</sup>, ZHAO Ling<sup>2①</sup>, SUN Huihui<sup>2</sup>, HU Mengyue<sup>2</sup>, ZHAO Yuqiao<sup>1</sup>, CAO Rong<sup>2①</sup>

(1. College of Food Sciences and Technology, Jiangsu Ocean University, Lianyungang 222005, China;

2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

**Abstract** Shrimp paste, a traditional aquatic fermented product, is more prevalent in Southeast Asia and the coastal areas of China. The traditional shrimp paste production process is straightforward. Usually, small economic shrimp species, such as grasshopper and sesame shrimp, are used as raw materials. Microorganisms and a series of endogenous enzymes are relied upon to create a condiment with a distinct flavor and aroma via natural fermentation. The quality of shrimp paste is influenced by various factors, including the type of raw shrimp used, the freshness of raw materials, fermentation duration, fermentation temperature, salt addition, and storage time. There are several brands of shrimp paste in the market, but their quality varies significantly. There are no studies on the quality evaluation system for commercially available shrimp paste. In this study, a comprehensive evaluation of shrimp paste samples was conducted to investigate the quality differences among commercially available shrimp pastes. 32 brands of shrimp paste were collected from six provinces, namely Shandong, Guangdong, Hebei, Tianjin, Liaoning, and Jiangsu. The color and histomorphology of these samples were assessed via sensory evaluation, whereas their physicochemical indicators, such as moisture, salt, protein, and amino acid nitrogen, were determined. Principal component analysis was utilized to create a comprehensive ranking of 32 commercially available shrimp pastes. The results showed that the odor score of commercially available shrimp paste had the highest coefficient of variation value at 37.64%, indicating that the odor of different brands of shrimp paste varied significantly. The SC/T 3602-2016 "Shrimp paste" standard states that the moisture content of shrimp paste should be  $\leq 60\%$ , ash content should be  $\leq 35\%$ , salt content should

① Corresponding author: CAO Rong, E-mail: caorong@ysfri.ac.cn, ZHAO Ling, E-mail: zhaoling@ysfri.ac.cn

be  $\leq 25\%$ , protein content should be  $\geq 10.0$  g/100 g, and amino acid nitrogen content should be  $\geq 0.6$  g/100 g. The minimum variation value for the moisture content of shrimp paste products was 12.17%, but the overall moisture content was high, with seven samples exceeding the standard limit by a significant margin. In the shrimp paste production process, with the extension of the fermentation time, the moisture content gradually reduced, and the water activity decreased. The high moisture content of individual samples could be related to the production process that shortens the fermentation cycle of shrimp paste. A total of 32 samples had ash content  $\leq 35\%$ , in accordance with the standard requirements of "shrimp paste". Fifty percent of commercially available shrimp paste samples had salt content values greater than 20%, indicating that most commercially available shrimp pastes were high in salt concentrations. Since a diet high in salt may lead to a series of health problems, such as increased blood pressure, reducing the salt content of traditional shrimp paste is more in line with modern consumer values. The protein content of 28 samples met the requirements, and the amino acid nitrogen content of 31 samples met the requirements. The maximum variation value of amino acid nitrogen content was 33.91%, indicating a large difference in amino acid nitrogen content between samples. The amino acid nitrogen content of 78.13% of the shrimp paste samples was greater than 1.0 g/100 g, and a few shrimp paste samples even exceeded 2.0 g/100 g, which was significantly higher than the amino acid nitrogen content of fish sauce and comparable to that of commercially available oyster sauce. Through principal component analysis, three principal components representing eight quality indicators of 32 commercially available shrimp pastes were extracted based on the principle of principal component eigenvalues greater than 1, and the cumulative variance contribution reached 82.32%, indicating that the majority of the information regarding shrimp paste quality indicators could be covered. Through further analysis, it was determined that moisture, amino acid nitrogen, and odor were important indicators affecting the overall quality of shrimp paste, and a comprehensive evaluation model was established as follows:  $F_{\text{synthesize}} = 0.497F_1 + 0.318F_2 + 0.185F_3$ , in order to investigate the differences in the odor composition of different shrimp pastes in greater detail. The samples were subjected to an e-nose analysis, and an e-nose clustering heat map was developed; the results showed that 32 shrimp sauces were clustered into four categories at a Euclidean distance of 4.03, with the main distinction lying in the W1S, W2S, and W3S sensors, and clustering occurred between the sea silver shrimp sauce and grasshopper shrimp sauce. Gas-ion mobility spectrometry (GC-IMS) analysis of shrimp paste derived from three raw materials (i.e., sea silver shrimp, grasshopper shrimp, and white shrimp) showed the presence of 63 volatile components, mainly different alcohols. The high content of alcohol contained in the flavor substances is consistent with the findings of several previous studies. The results indicated that the quality of commercially available shrimp paste differed significantly, with odor, moisture, and amino acid nitrogen being the most influential factors affecting quality. The results of the study provide a benchmark for the quality assessment and production process enhancement of shrimp paste.

**Key words** Shrimp paste; Physical and chemical index; Quality; Principal component analysis; Electronic nose; GC-IMS