

野生、养殖和“科甬1号”群体三疣梭子蟹营养和风味品质比较分析

刘磊, 王春琳*, 母昌考, 李荣华, 宋微微

(宁波大学 应用海洋生物学教育部重点实验室, 浙江海洋高效健康养殖协同创新中心, 浙江 宁波 315211)

摘要: 采用顶空固相微萃取和气相色谱-质谱检测技术, 利用单因素方差方法分析三疣梭子蟹野生、“科甬1号”和养殖群体肝胰腺、卵巢和肌肉组织中呈味氨基酸、脂肪酸、甜菜碱和香气成分含量造成的营养和风味品质差异。结果表明, 谷氨酸在所有组织中滋味活性值大于1, 是三疣梭子蟹鲜味主要贡献者, 其次是甘氨酸和丙氨酸, 为甜味主要贡献者。“科甬1号”在氨基酸贡献的风味上优于野生和养殖群体, 其中谷氨酸、精氨酸和丙氨酸可分别作为“科甬1号”雌性肝胰腺和雄性肌肉的特征氨基酸。从甜菜碱角度风味排序由高到底为野生群体、“科甬1号”群体、养殖群体。3个群体共检测出33种脂肪酸, 养殖群体卵巢中 $C_{18:2(n-6)}$ 和 $C_{22:6(n-3)}$ 分别显著($P < 0.05$)低于野生群体和“科甬1号”群体。野生群体和“科甬1号”群体雄性肝胰腺中 $C_{15:1}$ 和 $C_{17:1}$ 含量, 及肌肉中 $C_{18:3(n-6)}$ 、 $C_{20:3(n-6)}$ 、 $C_{21:0}$ 、 $C_{22:2}$ 、 $C_{23:0}$ 和 $C_{24:0}$ 含量显著高于养殖群体, 两群体在由多不饱和脂肪酸贡献的风味上明显优于养殖群体。3个群体卵巢中共检测到88种挥发性风味化合物, 包括烷烃类、醇类、酯类、醛类、酮类、酚类, 共有化合物13种, 总体相对含量并无显著性差异, 个别含量具有明显差异的支链烷烃和甲苯等化合物可能是造成风味差异的主要原因, 需要进一步研究证实。

关键词: 三疣梭子蟹; 固相微萃取; 气相色谱-质谱联用; 香气成分; 风味

Comparative Analysis of Flavor and Nutritional Qualities of Wild, “Keyong No. 1” and Aquacultural Populations of *Portunus trituberculatus*

LIU Lei, WANG Chunlin*, MU Changkao, LI Ronghua, SONG Weiwei

(Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology, Ministry of Education,

Collaborative Innovation Center for Zhejiang Marine High-efficiency and Healthy Aquaculture, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: Headspace solid phase micro extraction (HS-SPME) coupled to gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was employed to detect the contents of taste-related amino acids, fatty acids, betaine and aroma components in the hepatopancreas, ovary, muscle of wild, “Keyong No. 1” and aquaculture populations of *Portunus trituberculatus*. For the evaluation of flavor and nutritional differences, statistical analysis of the obtained data was made by one-way analysis of variance (ANOVA). The results indicated that taste active values (TAV) of glutamate were greater than 1 in all tissues suggesting it to be the major contributor to the umami taste of all tissues, followed by glycine and alanine, both of which were the main contributors to sweetness. “Keyong No. 1” was superior to wild and cultured populations with respect to the amino acid-derived flavor, and glutamic acid, arginine, and alanine could be considered as the characteristic amino acids in the female hepatopancreas of “Keyong No. 1” and the muscle of male “Keyong No. 1” crabs, respectively. The flavor of the populations in terms of betaine was decreased in the following order: wild > “Keyong No. 1” > aquacultural. A total of 33 fatty acids were detected in all the populations, while the contents of $C_{18:2(n-6)}$ and $C_{22:6(n-3)}$ in the ovaries of aquacultural population were significantly lower ($P < 0.05$) than those in wild and “Keyong No. 1” populations, respectively. The contents of $C_{15:1}$ and $C_{17:1}$ in the male hepatopancreas and the contents of $C_{18:3(n-6)}$, $C_{20:3(n-6)}$, $C_{21:0}$, $C_{22:2}$, $C_{23:0}$, and $C_{24:0}$ in the muscles of wild and “Keyong No. 1” male populations were significantly higher than those of farmed population, respectively. Consequently, it was proved that the wild and “Keyong No. 1” populations were superior to the aquacultural population with respect to the flavor contributed by polyunsaturated fatty acids. A total of 88 volatile flavor compounds were identified in the

收稿日期: 2016-12-29

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31602152); 国家农业科技成果转化资金项目(2014GB2C220151); 宁波市科技富民计划项目(2016C10062)

作者简介: 刘磊(1984—), 男, 讲师, 博士, 研究方向为水产养殖。E-mail: liulei1@nbu.edu.cn

*通信作者: 王春琳(1965—), 男, 教授, 博士, 研究方向为水产养殖。E-mail: wangchunlin@nbu.edu.cn

ovary of the three populations including alkanes, aldehydes, alcohols, esters, ketones and phenols. Among these compounds, 13 were common to all these populations with no significant differences being observed for their relative contents overall. The difference in the contents of branched alkanes and toluene in the three populations may be the main cause of the flavor differences, which needs to be confirmed in further study.

Key words: *Portunus trituberculatus*; solid phase micro-extraction (SPME); gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); aroma components; flavor

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201720009

中图分类号: S963

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2017) 20-0055-08

引文格式:

刘磊, 王春琳, 母昌考, 等. 野生、养殖和“科甬1号”群体三疣梭子蟹营养和风味品质比较分析[J]. 食品科学, 2017, 38(20): 55-62. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201720009. <http://www.spkx.net.cn>

LIU Lei, WANG Chunlin, MU Changkao, et al. Comparative analysis of flavor and nutritional qualities of wild, “Keyong No. 1” and aquacultural populations of *Portunus trituberculatus*[J]. Food Science, 2017, 38(20): 55-62. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201720009. <http://www.spkx.net.cn>

三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*), 味鲜美, 营养丰富, 是中国沿海的重要经济蟹类^[1-2], 2015年海水养殖产量近12万 t^[3], 其野生蟹经济价值往往几倍于养殖蟹, 主要原因包括传统饮食习惯、营养价值和风味等因素。三疣梭子蟹“科甬1号”新品种生长速度快、抗菌耐受性强^[4], 已得到大面积推广养殖, 但尚未对其与野生和普通品种养殖群体 (以下简称养殖群体) 进行营养和风味品质的比较研究。目前, 中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 具有较严格的商品蟹级别划分标准, 其营养和风味成分的研究较多^[5-8], 而三疣梭子蟹并未制定品质等级标准, 目前多以体质量、体色等外部特征为依据划分蟹级别, 虽已有关于其营养和风味成分的初步研究^[9-10], 但尚鲜有野生、养殖和“科甬1号”三疣梭子蟹的营养成分和风味差异的报道。

蟹类的风味包括非挥发性呈味成分和挥发性气味成分两大类。游离氨基酸是主要非挥发性呈味成分, 每种氨基酸呈现出的风味不同^[11]。其中, 鲜味是蟹类最重要的风味特征^[12-13], 谷氨酸 (Glu)、天冬氨酸 (Asp) 是呈鲜味的特征氨基酸。甜味也是蟹类等的重要味道特征, 甜味氨基酸包括甘氨酸 (Gly)、丙氨酸 (Ala)、亮氨酸 (Leu)、蛋氨酸 (Met)、天冬氨酸等, 脯氨酸 (Pro) 和精氨酸 (Arg) 是略带苦味的甜味氨基酸, 精氨酸能增加呈味的复杂性, 其苦味可以用谷氨酸等来调节^[14]。肌肉、肝胰腺和性腺是蟹类主要可食部分, 也是形成三疣梭子蟹蒸煮后香味的主要器官, 对蟹类风味产生贡献不同。肝胰腺和性腺产生香味和香气的重要香气物质前体是脂肪酸, 而必需脂肪酸既可作为营养指标又可作为风味指标^[15]。另外, 核苷酸、矿物质、甜菜碱等也是蟹体内的重要呈味成分^[16-17]。目前, 已经鉴定的挥发性气味成分主要包括碳氢化合物, 以及醇、醛、酮、酯和含氮的杂环化合物。顶空固相微萃取 (headspace solid

phase micro-extraction, HS-SPME) 技术集采样、萃取、浓缩、进样于一体, 可以萃取食品中的挥发性物质, 该前处理方式具有成本低、操作方便等优点^[18-19], 结合气相色谱-质谱 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 联用技术广泛应用于食品中挥发性成分的测定。

本实验采用测定野生、养殖和“科甬1号”三疣梭子蟹群体的肌肉、肝胰腺和卵巢中谷氨酸、精氨酸、甘氨酸、丙氨酸、天冬氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、脯氨酸8种呈味氨基酸含量, 分别采用GS-MS和HS-SPME-GC-MS技术测定上述组织中甜菜碱、脂肪酸和香气成分含量, 从营养品质和风味指标角度分析比较野生、养殖和“科甬1号”三疣梭子蟹品质差异, 为不同群体蟹市场价值评估提供数据支持, 具有重要科研价值和实际应用意义。

1 材料与方法

1.1 材料

野生三疣梭子蟹群体于宁波近海捕捞, 养殖群体和“科甬1号”群体养殖环境相同, 喂养饲料相同, 由宁海县“科甬1号”推广养殖户提供, 所有样本皆为活体, 体质量 (250±20) g。活体取样, 雌雄分开, 雌性个体取肝胰腺、肌肉和卵巢, 雄性个体取肝胰腺和肌肉, 每3个个体的同一个组织混合为一个样品, 每个群体9个个体的每个组织共混合为3个样品作为平行, 雌性27个样品, 雄性18个样品, 共45个样品。样品取得后充氮气密封, 立即放入-80℃冰箱储存。

1.2 仪器与设备

L-8900氨基酸分析仪 日本日立公司; Trace1310 ISQ GC-MS联用仪 美国Thermo Fisher公司; HH-4数显恒温水浴锅 国华电器有限公司; PAL System三合一进样器 瑞士CTC公司; 100 μm聚二甲基硅氧烷

(polydimethylsiloxane, PDMS) 萃取纤维头 美国 Supelco 公司。

1.3 方法

1.3.1 游离氨基酸含量测定

参考中华绒螯蟹的测定方法^[7]并稍作修改: 称取1.5 g 蟹肉, 分别加入4 ℃的5%三氯乙酸溶液20 mL, 匀浆后静置2 h, 后用5%三氯乙酸溶液定容至25 mL, 取上清液10 mL用冷冻离心机4 ℃、10 000 r/min离心10 min, 取离心后上清液5 mL调pH值至2.0定容, 并用0.45 μm滤膜过滤, 氨基酸自动分析仪检测氨基酸含量, 样品做3个平行实验。

1.3.2 脂肪酸含量测定

取80~100 mg样品加入到15 mL离心管中, 继续加入2 mL 5%盐酸-甲醇溶液, 3 mL氯仿-甲醇溶液(1:1, V/V), 100 μL十九烷酸甲酯内标。于85 ℃水浴锅中水浴1 h。水浴完成后, 等温度降到室温, 在离心管中加入1 mL正己烷, 振荡萃取2 min之后, 静置1 h, 等待分层。取上层清液100 μL, 用正己烷定容到1 mL。用0.45 μm滤膜过滤后上机测试。

1.3.3 甜菜碱含量测定

精确称取2.0 g蟹肉样品, 以甲醇为溶剂, 与73~75 ℃加热回流提取1 h, 冷后过滤, 分次洗涤残渣和滤器, 合并滤液和洗液, 40 ℃减压浓缩至干。超纯水溶解并定容至10 mL容量瓶中, 即得蟹肉样品供试品溶液。色谱分析时, 溶液均过0.45 μm微孔滤膜。

通过波长、流动相、流速、洗脱方式的优化, 确定蟹肉甜菜碱提取物色谱分析条件: 乙腈-水(85:15, V/V)为流动相; 等度洗脱; 流速0.7 mL/min; 检测波长195 nm; 柱温25 ℃; 进样量5 μL; 上机测试。

1.3.4 HS-SPME-GC-MS检测

取5 mL的样品置于20 mL顶空瓶中(固体样品不要超过顶空瓶的1/3), 压紧瓶盖。于55 ℃顶空平衡40 min后, 用萃取针萃取20 min(萃取针使用前在250 ℃老化

10 min, 冷却到室温后依次用甲醇、乙醇、乙醚、正己烷、去离子水、甲醇清洗), 手动进样, 萃取针在进样口停留5 min。

GC条件: TG-5MS色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 载气为He, 流速1 mL/min, 不分流; 进样温度240 ℃, 柱箱温度50 ℃; 升温程序: 起始温度50 ℃, 保持2 min, 以4 ℃/min升至240 ℃, 保持5 min。

MS条件: 电子电离源; 电子能量70 eV; 倍增电压1 400 V; 离子源温度200 ℃, 接口温度250 ℃; 四极杆温度150 ℃; 质量扫描范围 m/z 40~450; 时间间隔0.3 s。

采集到的质谱图利用计算机谱库进行检索, 鉴定样品中的挥发性成分, 并用峰面积归一化法分析各成分的相对含量^[20-21], 采用Origin 8.5软件进行作图。

1.4 数据统计

游离氨基酸和甜菜碱滋味活性值(taste activity value, TAV)按公式(1)计算:

$$TAV = \frac{N}{T} \quad (1)$$

式中: N 为待测样品中物质浓度/(mol/L); T 为氨基酸阈值/(mol/L)。

当TAV大于1时说明该物质对所测样品呈味有贡献, 其值越大贡献越大。当TAV小于1时, 说明该物质对所测样品呈味贡献不大。

试样中各脂肪酸含量按公式^[22](2)计算:

$$X_i = \frac{A_{Si} \times m_{std} \times F_i}{A_{std} \times m} \quad (2)$$

式中: X_i 为试样中各脂肪酸的含量/(mg/g); A_{Si} 为试样测定液中各脂肪酸峰面积; m_{std} 为在标准测定液的制备中吸取脂肪酸甘油三酯标准工作液中所含有的标准品质量/mg; F_i 为各脂肪酸甘油三酯转化为脂肪酸的换算系数; A_{std} 为标准测定液中各脂肪酸的峰面积; m 为试样的称样质量/g。

采用Excel软件进行数据统计和作图, SPSS 19.0软件

表1 三疣梭子蟹野生、养殖和“科甬1号”群体肝胰腺中氨基酸、甜菜碱含量和TAV

Table 1 TAV of eight different taste-related amino acids and betaine in hepatopancreas of three different swimming crab populations

氨基酸	呈味特性	阈值/(mg/mL)	含量(雄性)/(mg/g)			TAV(雄性)			含量(雌性)/(mg/g)			TAV(雌性)		
			野生群体	“科甬1号”	养殖群体	野生群体	“科甬1号”	养殖群体	野生群体	“科甬1号”	养殖群体	野生群体	“科甬1号”	养殖群体
谷氨酸	鲜	0.3	2.293±0.383 ^a	2.923±0.356 ^b	2.568±0.280 ^c	7.643	9.743	8.560	2.261±0.458 ^a	2.928±0.326 ^b	1.971±0.326 ^c	7.537	9.760	6.570
精氨酸	苦、甜	0.5	0.664±0.069 ^a	1.345±0.137 ^b	0.691±0.096 ^c	1.327	2.691	1.382	1.840±0.152 ^a	1.975±0.118 ^b	1.885±0.147 ^c	3.680	3.950	3.770
甘氨酸	甜	1.3	1.012±0.184 ^a	2.389±0.368 ^b	1.099±0.138 ^c	0.778	1.838	0.845	3.770±0.212 ^a	3.747±0.250 ^b	2.983±0.208 ^c	2.900	2.882	2.295
丙氨酸	甜	0.6	1.196±0.110 ^a	2.991±0.122 ^b	1.812±0.200 ^c	1.994	4.985	3.021	1.780±0.142	3.213±0.444	2.007±0.308	2.967	5.355	3.345
天冬氨酸	甜、鲜	1.0	0.406±0.040 ^a	0.483±0.023 ^b	0.311±0.019 ^c	0.406	0.483	0.311	0.416±0.068 ^a	0.398±0.023 ^b	0.386±0.046 ^c	0.416	0.398	0.386
蛋氨酸	苦、甜	0.3	0.272±0.049 ^a	0.309±0.021 ^b	0.169±0.016 ^c	0.906	1.032	0.562	0.242±0.027 ^a	0.225±0.015 ^b	0.283±0.061 ^c	0.807	0.751	0.942
亮氨酸	苦	1.9	0.272±0.021 ^a	0.431±0.029 ^b	0.197±0.009 ^c	0.143	0.227	0.104	0.324±0.022 ^a	0.299±0.022 ^b	0.277±0.017 ^c	0.171	0.157	0.146
脯氨酸	甜、苦	3.0	1.108±0.078	1.131±0.141	1.062±0.104	0.369	0.377	0.354	2.870±0.236 ^a	1.121±0.236 ^b	2.309±0.254 ^c	0.957	0.374	0.770
甜菜碱	甜	300.0	6.940±0.284 ^a	4.780±0.201 ^b	2.570±0.106 ^c	0.023	0.016	0.009	6.250±0.349 ^a	5.650±0.262 ^b	3.720±0.165 ^c	0.021	0.019	0.012

注: 数值以 $\bar{x} \pm s$ 表示; 雌性和雄性2组数据, 每组同行数据不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

表 2 三疣梭子蟹野生、养殖和“科甬1号”群体肌肉中氨基酸、甜菜碱含量和TAV
Table 2 TAV of eight different taste-related amino acids and betaine in muscle of three different swimming crab populations

氨基酸	呈味特性	阈值/(mg/mL)	含量(雄性)/(mg/g)			TAV(雄性)			含量(雌性)/(mg/g)			TAV(雌性)		
			野生群体	“科甬1号”	养殖群体	野生群体	“科甬1号”	养殖群体	野生群体	“科甬1号”	养殖群体	野生群体	“科甬1号”	养殖群体
谷氨酸	鲜	0.3	1.698±0.228 ^a	2.302±0.134 ^b	2.200±0.392 ^b	5.659	7.673	7.333	2.476±0.249 ^a	2.684±0.185 ^b	1.840±1.954 ^d	8.254	8.945	6.133
精氨酸	苦、甜	0.5	1.429±0.112 ^a	2.780±0.073 ^b	1.491±0.125 ^b	2.859	5.560	2.981	2.123±0.102 ^a	2.012±0.103 ^b	1.565±0.717 ^c	4.246	4.023	3.131
甘氨酸	甜	1.3	2.498±0.499 ^a	5.289±0.046 ^b	2.714±0.134 ^b	1.921	4.068	2.087	3.369±0.166 ^a	3.922±0.201 ^a	3.208±1.270 ^b	2.592	3.017	2.480
丙氨酸	甜	0.6	2.188±0.677 ^a	5.003±0.305 ^b	3.518±0.601 ^c	3.647	8.339	5.865	4.008±0.400	4.117±0.200	3.875±1.408	6.680	6.862	6.458
天冬氨酸	甜、鲜	1.0	0.297±0.049 ^a	0.557±0.043 ^b	0.346±0.024 ^b	0.297	0.557	0.346	0.457±0.023 ^a	0.466±0.009 ^b	0.276±0.166 ^c	0.457	0.466	0.276
蛋氨酸	苦、甜	0.3	0.201±0.047 ^a	0.328±0.021 ^b	0.221±0.033 ^b	0.671	1.094	0.735	0.279±0.033 ^a	0.281±0.017 ^b	0.191±0.094 ^a	0.929	0.936	0.635
亮氨酸	苦	1.9	0.228±0.020 ^a	0.426±0.013 ^b	0.246±0.039 ^b	0.120	0.224	0.129	0.321±0.010 ^a	0.350±0.016 ^b	0.229±0.118 ^a	0.169	0.184	0.120
脯氨酸	甜、苦	3.0	1.599±0.168 ^a	2.670±0.111 ^b	2.031±0.154 ^c	0.533	0.890	0.677	2.061±0.179 ^a	2.679±0.328 ^b	1.560±0.812 ^c	0.687	0.893	0.520
甜菜碱	甜	300.0	4.480±0.205 ^a	3.950±0.060 ^a	2.700±0.162 ^b	0.015	0.013	0.009	6.050±0.390	5.630±0.283	5.590±0.175	0.020	0.018	0.019

对不同群体氨基酸和脂肪酸含量进行标准差计算、单因素方差分析(one-way ANOVA)和差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 三疣梭子蟹野生、养殖和“科甬1号”群体8种呈味氨基酸含量比较分析

如表1所示,“科甬1号”群体雄性肝胰腺中8种呈味氨基酸含量均最高,且除蛋氨酸和脯氨酸外均显著($P<0.05$)高于其他两群体。3个群体雄性肝胰腺中TAV大于1的氨基酸是谷氨酸、丙氨酸和精氨酸,呈味强度依次递减,与卜俊芝^[9]研究结果较一致。其中谷氨酸对蟹的鲜味有重要贡献,丙氨酸和精氨酸对蟹的甜味具有重要贡献^[7]。雌性肝胰腺中各氨基酸含量趋势与雄性差异不大,仅呈甜味的甘氨酸含量有差异,对甜味有主要贡献的氨基酸是精氨酸、丙氨酸和甘氨酸,其中“科甬1号”群体谷氨酸和精氨酸含量均显著($P<0.05$)高于其他两群体,是造成“科甬1号”群体在滋味上比其他两群体更加鲜和甜的主要原因,谷氨酸和精氨酸可作为“科甬1号”雌性肝胰腺的特征氨基酸。

如表2所示,“科甬1号”群体雄性肌肉中8种呈味氨基酸含量均最高,说明肌肉营养和风味明显优于其他两群体,而养殖群体各氨基酸含量也显著高于野生群体,可能的原因是野生群体交配后即不再进食,而“科甬1号”和养殖群体在交配后,经过人工饲养仍然保持一定的活动量和摄食量^[23]。3个群体雄性肝胰腺中TAV大于1的氨基酸是谷氨酸、丙氨酸、精氨酸和甘氨酸,呈味强度依次递减。其中,“科甬1号”丙氨酸含量显著($P<0.05$)高于其他两群体,在肌肉香甜的贡献上要优于其他两群体,可作为“科甬1号”雄性肌肉的特征氨基酸。中华绒螯蟹风味物质研究表明^[24-25],熟蟹肌肉中主要呈味氨基酸是谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸和精氨酸,与本研究结果较一致。

表 3 三疣梭子蟹野生、养殖和“科甬1号”群体卵巢中氨基酸、甜菜碱含量和TAV

Table 3 TAV of eight different taste-related amino acids and betaine in ovary of three different swimming crab populations

氨基酸	呈味特性	阈值/(mg/mL)	含量/(mg/g)			TAV		
			野生群体	“科甬1号”	养殖群体	野生群体	“科甬1号”	养殖群体
谷氨酸	鲜	0.3	1.954±0.062	2.120±0.074	1.927±0.130	6.512	7.067	6.423
精氨酸	苦、甜	0.5	1.832±0.033	1.851±0.102	2.017±0.139	3.664	3.701	4.035
甘氨酸	甜	1.3	3.336±0.245	3.670±0.196	3.493±0.328	2.566	2.823	2.687
丙氨酸	甜	0.6	4.061±0.135	4.039±0.171	3.899±0.242	6.768	6.732	6.499
天冬氨酸	甜、鲜	1.0	0.403±0.014	0.405±0.009	0.391±0.019	0.403	0.406	0.391
蛋氨酸	苦、甜	0.3	0.254±0.017	0.262±0.007	0.233±0.012	0.848	0.876	0.776
亮氨酸	苦	1.9	0.305±0.009 ^a	0.311±0.006 ^a	0.284±0.006 ^b	0.161	0.164	0.149
脯氨酸	甜、苦	3.0	2.240±0.216 ^a	1.660±0.212 ^b	2.400±0.216 ^a	0.747	0.553	0.800
甜菜碱	甜	300.0	2.530±0.201	2.530±0.030	1.740±0.028	0.008	0.008	0.006

如表3所示,卵巢中除亮氨酸和脯氨酸外其他氨基酸在3个群体中无显著性差异,“科甬1号”卵巢脯氨酸含量显著($P<0.05$)低于野生群体和养殖群体,已有研究表明,脯氨酸在低浓度条件下呈现甜味,在高浓度条件下呈现苦味^[20],本研究“科甬1号”较低的脯氨酸含量比其他两群体具有更甜的风味,卵巢更香甜。野生群体和“科甬1号”群体的亮氨酸含量虽显著($P<0.05$)高于养殖群体,但TAV小于1,对滋味贡献不大。

甜菜碱主要化合物是甘氨酸甜菜碱,广泛存在于蟹类肌肉、性腺和内分泌腺组织中,可产生甜味,具有增强后味和滋味的作用^[17]。野生群体在雌性和雄性所有组织中甜菜碱含量均最高,3个群体雌性卵巢和肌肉中甜菜碱含量无显著性差异,而野生群体和“科甬1号”群体肝胰腺和雄性肌肉中甜菜碱含量均显著($P<0.05$)高于养殖群体。但由于甜菜碱呈味阈值较高,其TAV小于1,说明甜菜碱不是引起3个群体滋味差异的主要原因,但可能对其他滋味成分贡献具有协同作用^[9]。

总体上,不同群体各组织中均含有8种呈味氨基酸,谷氨酸在所有组织中TAV大于1,是三疣梭子蟹鲜味主要贡献者,其次是甘氨酸和丙氨酸。研究结果说明,“科甬1号”在氨基酸贡献的风味上优于野生和养殖群体,其中谷氨酸、精氨酸和丙氨酸可分别作为“科甬1号”雌性肝胰腺和雄性肌肉的特征氨基酸。

表 4 三疣梭子蟹野生、养殖和“科甬1号”群体雌性肝胰腺、卵巢和肌肉中脂肪酸含量比较 (n=3)
Table 4 Comparative analysis of fatty acid profiles of hepatopancreas, ovary and muscle of different swimming crab populations (n = 3)

脂肪酸	肝胰腺			卵巢			肌肉		
	野生群体	“科甬1号”	养殖群体	野生群体	“科甬1号”	养殖群体	野生群体	“科甬1号”	养殖群体
C _{10:0}	81.02±22.38 ^a	7.52±0.56 ^b	10.53±1.98 ^b	25.25±0.28	15.56±0.36	18.63±0.08	0.22±0.01	1.33±0.08	0.17±0.01
C _{11:0}	5.58±0.45 ^a	1.10±0.02 ^b	0.82±0.02 ^b	2.81±0.07	1.30±0.01	1.38±0.12	0.61±0.23	0.39±0.02	0.40±0.02
C _{12:0}	136.30±21.20	71.35±2.35	49.60±3.70	63.01±6.76	116.50±34.03	140.60±23.86	3.33±0.07	6.07±0.98	3.36±0.04
C _{13:0}	56.07±10.44	18.86±3.66	27.28±1.23	20.33±2.19	18.36±1.22	19.08±2.45	0	0	0
C _{14:0}	3 183.68±187.54	2 036.07±211.17	2 259.34±167.82	1 504.96±65.87	1 943.19±354.92	1 696.26±73.65	86.60±6.45	106.28±8.56	71.84±2.36
C _{14:1}	302.73±34.67	361.24±23.56	260.90±23.87	54.46±2.83 ^a	165.27±44.64 ^b	41.00±3.37 ^a	6.88±0.94	6.82±0.47	8.19±0.88
C _{15:0}	801.80±62.98	550.72±78.34	489.33±67.26	519.07±37.25	558.26±62.37	385.53±23.24	43.14±1.23	32.79±0.92	24.95±1.65
C _{15:1}	0.63±0.06	26.22±0.72	7.42±0.75	19.56±2.21	1.93±0.03	3.91±0.82	1.65±0.12	2.30±0.01	0.86±0.02
C _{16:0}	24 287.63±578.30	19 882.90±1 763.2	14 587.08±762.62	22 497.83±364.30	15 655.64±732.3	21 510.57±671.1	3 260.96±232.4	3 358.97±86.42	1 883.29±76.38
C _{16:1}	10 758.34±263.71	9 467.51±543.78	7 046.65±210.03	7 918.78±298.86	9 792.46±243.81	7 445.96±323.94	527.58±83.38	669.23±75.45	477.01±12.44
C _{17:0}	761.94±34.55	682.84±24.65	583.19±56.97	794.31±67.45	818.25±33.68	794.27±147.43	121.62±43.67	76.20±23.02	54.23±3.73
C _{17:1}	428.00±12.45	737.43±67.45	571.95±26.69	262.41±12.22 ^a	853.48±158.55 ^b	20.51±0.27 ^a	66.41±1.92 ^a	45.40±1.34 ^b	42.47±8.59 ^b
C _{18:0}	4 921.41±109.30	5 303.66±273.67	4 262.39±283.61	5 261.30±65.73 ^a	4 983.06±439.35 ^b	7 628.17±435.77 ^c	2 021.12±12.36	2 110.12±82.74	1 355.08±231.34
C _{18:1(n-9)}	10 033.10±167.26	12 710.55±345.54	10 114.59±562.28	6 273.85±236.24	9 594.92±289.21	7 091.21±321.22	673.74±73.25	855.97±63.91	442.53±86.66
C _{18:2(n-6)}	1 222.96±50.89	434.29±42.81	418.99±76.54	909.51±87.52	823.02±54.76	496.50±34.53	129.80±23.45	78.46±8.44	59.21±5.38
C _{18:3(n-6)}	74.88±7.05	67.19±2.69	16.65±0.53	113.31±25.94 ^a	88.06±3.45 ^b	12.64±1.26 ^c	8.03±0.89	5.37±0.03	8.18±1.02
C _{18:3(n-3)}	33.83±0.84	13.27±0.56	11.53±0.03	12.09±0.76	5.32±1.08	13.59±1.91	11.79±3.19	7.12±0.38	9.23±0.05
C _{20:0}	411.25±67.82	251.34±2.89	401.24±87.27	185.46±27.28	219.04±72.93	158.83±12.44	20.25±0.57	22.68±2.36	13.53±0.82
C _{20:1}	2 324.96±120.85 ^a	1 911.52±87.91 ^b	2 420.63±134.39 ^b	765.76±148.72	1 190.74±129.02	731.45±123.73	38.08±4.83	35.28±8.04	26.79±0.35
C _{20:2}	993.20±43.23	1 182.96±27.72	1 103.95±156.20	437.29±57.92	519.23±52.77	372.67±23.84	37.32±0.82	22.59±2.34	18.25±0.03
C _{20:3(n-3)}	505.05±123.68	330.49±11.1	298.87±27.45	308.84±29.76 ^a	683.34±23.96 ^b	400.45±32.55 ^a	9.88±0.08	10.72±0.57	7.17±0.01
C _{20:3(n-6)}	306.90±48.46	590.84±23.81	514.44±56.81	168.96±8.34	278.69±37.48	189.28±9.95	19.41±3.62	9.57±3.42	10.16±0.56
C _{20:4(n-6)}	2 404.48±345.91	1 917.39±76.84	2 184.46±210.03	2 598.08±253.86	3 343.72±162.23	3 226.81±67.86	335.27±12.36	358.06±34.75	215.94±9.36
C _{20:5(n-3)}	5 377.25±398.02	6 470.66±761.9	6 030.00±344.94	6 429.65±562.34	10 229.62±282.1	9 139.77±236.83	1 343.34±24.55	2 175.78±327.3	1 325.81±248.28
C _{21:0}	175.23±24.67	106.37±10.04	58.08±4.31	60.68±3.56	28.62±0.76	30.82±0.92	3.79±0.01	3.25±0.02	1.89±0.79
C _{22:0}	455.38±72.66	425.20±53.61	190.49±34.05	128.60±12.77	90.16±3.46	113.40±12.32	7.63±1.09	7.40±0.06	4.63±0.02
C _{22:1(n-9)}	476.63±65.87	262.22±9.45	137.93±13.47	96.71±6.92	82.42±8.99	102.47±3.45	80.63±23.43	2.10±0.02	9.15±0.54
C _{22:2}	56.47±2.56	22.12±1.62	11.67±0.93	16.98±0.25	5.28±0.03	2.25±0.26	4.75±0.06	0.99±0.01	3.09±0.01
C _{22:6(n-3)}	15 266.55±677.98	11 899.73±536.63	5 660.67±369.87	16 562.5±689.2 ^a	22 106.5±213.3 ^b	3 035.1±374.65 ^c	1 340.22±126.80	1 565.59±121.4	482.66±62.33
C _{23:0}	112.98±9.52	112.21±4.62	74.33±6.84	27.54±2.33	24.49±1.28	20.98±4.44	0.48±0.04	0.87±0.01	0.73±0.03
C _{24:0}	312.38±76.59	404.27±32.45	189.74±16.34	61.74±11.27	71.06±32.21	72.21±17.26	0.54±0.02	0.43±0.01	1.56±0.01
C _{24:1}	279.88±23.45	769.89±162.8	351.18±47.82	114.53±34.89	157.04±9.87	160.44±23.23	2.04±0.05	1.11±0.02	3.74±0.81
C _{8:0}	0.48±0.02	0.23±0.03	0.19±0.04	0.20±0.01	0.32±0.02	0.43±0.01	0.23±0.05	0.17±0.01	0.31±0.05
Σ饱和脂肪酸	35 703.13±1 278.42	29 854.64±2 461.26	22 993.89±1 494.06	31 155.79±667.12	24 543.81±1 945.19	32 591.17±1 424.62	5 570.52±298.20	5 726.95±205.69	3 407.57±317.25
Σ单不饱和脂肪酸	24 604.27±688.32	26 246.58±1 241.21	20 911.25±1 019.3	15 486.06±742.89	21 838.26±884.12	15 641.5±776.85	1 397.01±187.92	1 618.21±149.62	533.73±630.92
Σ多不饱和脂肪酸	26 241.57±1 698.62	22 928.94±1 485.68	16 251.23±873.46	27 556.71±1 715.89	38 082.78±831.16	16 889.06±783.6	4 404.53±196.09	2 667.67±498.94	2 139.7±327.03

2.2 三疣梭子蟹野生、养殖和“科甬1号”群体肝胰腺、卵巢和肌肉中脂肪酸含量比较分析

如表4、5所示，共检测35种脂肪酸，碳链长度在10~24个之间，检测出33种，C_{18:1(n-9)}（反油酸）和C_{18:3(n-3)}（α-亚麻酸）在所有个体中均未检测到。与已有三疣梭子蟹脂肪酸含量测定研究相比^[23]，本研究测得的脂肪酸含量偏高，其中C_{16:0}（棕榈酸）在雌性野生群体肝胰腺中的平均含量高达24 287.63 mg/kg，约占所有测出脂肪酸含量的20%，其次是C_{22:6(n-3)}（顺-4,7,10,13,16,19-二十二碳六烯酸）和C_{18:1(n-9)}（油酸）各占约10%。结果表明，三疣梭子蟹不饱和脂肪酸含量高于饱和脂肪酸含量，而高含量的高不饱和脂肪酸能显著地增加香味^[24-25]，说明蟹类对部分高不饱和脂肪酸的含量相似，加热氧化

后产生具有独特清香和果香味的醛类和酮类^[26-27]，与中华绒螯蟹^[24]等蟹类具有共同的风味组成。

由表4可知，总体上三疣梭子蟹野生、养殖和“科甬1号”群体雌性肝胰腺中脂肪酸含量差异不大，在高含量的C_{16:0}和C_{18:1(n-9)}上无显著性差异，而养殖群体卵巢中C_{18:2(n-6)}和C_{22:6(n-3)}分别显著（ $P<0.05$ ）低于野生群体和“科甬1号”群体。除C_{17:1}外，3个群体雌性肌肉中脂肪酸含量无显著差异。从脂肪酸对风味的贡献角度分析，以上结果说明，三疣梭子蟹雌性个体中3个群体肝胰腺和肌肉造成的风味差异不显著，而野生群体和“科甬1号”群体卵巢多不饱和脂肪酸贡献的风味优于养殖群体，与对雌性蟹卵巢市场需求和价值呈高度正相关。

如表5所示，3个群体雄性三疣梭子蟹肝胰腺中脂肪

酸含量与雌性含量变化相似,野生群体和“科甬1号”群体 $C_{15:1}$ 和 $C_{17:1}$ 显著($P<0.05$)高于养殖群体,其他脂肪酸含量差异不显著,而肌肉中各脂肪酸含量差异较大,野生群体和“科甬1号”群体 $C_{18:3(n-6)}$ 、 $C_{20:3(n-6)}$ 、 $C_{21:0}$ 、 $C_{22:2}$ 、 $C_{23:0}$ 和 $C_{24:0}$ 等脂肪酸含量差异显著,并且均显著高于养殖群体。从脂肪酸对风味的贡献角度分析,以上结果表明,三疣梭子蟹雄性个体中3个群体肝胰腺造成的风味差异不显著,而野生群体和“科甬1号”群体肌肉多不饱和脂肪酸贡献的风味上优于普通养殖群体,与市场对雄性蟹肌肉需求和价值成高度正相关。

表5 三疣梭子蟹野生、养殖和“科甬1号”群体雄性肝胰腺和肌肉中脂肪酸含量比较 (n=4)

mg/kg						
脂肪酸	肝胰腺			肌肉		
	野生群体	“科甬1号”	养殖群体	野生群体	“科甬1号”	养殖群体
C_{10}	27.56±0.93 ^a	12.57±0.74 ^a	12.84±0.04 ^b	2.13±0.01 ^a	4.14±1.3 ^b	0.18±0.02 ^c
$C_{11:0}$	2.66±0.02 ^a	1.02±0.02 ^b	0.99±0.01 ^b	1.46±0.03	0.66±0.02	0.59±0.01
$C_{12:0}$	68.26±8.67	107.15±31.75	84.65±15.72	55.59±1.63	38.91±3.76	48.58±5.68
$C_{13:0}$	36.81±3.29	36.97±2.89	21.40±6.88	6.68±0.09 ^a	13.33±2.45 ^b	2.11±0.01 ^c
$C_{14:0}$	2 969.76±344.73	3 242.27±328.36	2 137.77±353.29	699.73±57.19 ^a	1 680.58±201.7 ^b	95.82±8.92 ^c
$C_{14:1}$	213.84±8.91	360.42±87.02	243.09±27.01	18.12±0.04 ^a	309.52±3.43 ^b	7.24±1.44 ^c
$C_{15:0}$	707.96±231.37	772.23±36.75	621.55±41.55	187.09±37.29 ^a	430.78±65.92 ^b	52.41±2.85 ^c
$C_{15:1}$	36.78±6.44 ^a	29.61±0.04 ^a	8.47±0.01 ^b	3.27±0.03	3.70±0.21	2.70±0.07
$C_{16:0}$	24 438.16±768.21	26 314.17±238.49	22 320.68±627.92	10 703.45±253.27 ^a	11 773.42±582.02 ^b	2 820.75±432.40 ^b
$C_{16:1}$	10 300.26±459.02	11 184.81±837.45	8 648.82±427.81	3 461.84±127.38 ^a	4 817.77±251.25 ^b	588.35±76.23 ^b
$C_{17:0}$	685.62±72.39	964.61±73.81	840.85±261.22	407.33±34.89 ^a	487.51±45.90 ^b	111.60±20.01 ^b
$C_{17:1}$	766.13±82.91 ^a	608.77±20.16 ^a	14.91±0.67 ^b	58.67±8.25	46.59±2.78	79.44±7.02
$C_{18:0}$	4 515.07±421.03	6 269.36±352.44	6 230.63±263.28	4 220.49±236.34	3 985.26±252.19	1 683.09±324.71
$C_{18:1(n-7)}$	7 034.83±236.12	12 750.88±632.63	19 211.28±378.94	4 311.03±127.38 ^a	9 715.28±725.84 ^b	941.09±42.68 ^c
$C_{18:2(n-6)}$	1 153.00±384.64	806.59±68.26	1 102.17±128.3	744.52±78.26 ^a	397.87±54.92 ^b	90.21±6.42 ^c
$C_{18:3(n-6)}$	92.91±8.45	74.63±9.45	32.81±2.34	42.93±3.28 ^a	20.26±1.24 ^b	11.67±0.05 ^c
$C_{18:4}$	27.68±3.83	43.85±3.37	8.94±0.98	12.17±0.03 ^a	37.07±2.09 ^b	4.56±0.01 ^c
$C_{20:0}$	374.92±49.03	359.56±72.74	477.39±83.37	103.20±7.24 ^a	201.58±43.26 ^b	23.87±2.27 ^c
$C_{20:1}$	2 229.04±482.65	1 973.34±286.06	2 231.46±372.17	508.45±35.55 ^a	1 367.79±241.83 ^b	27.87±0.75 ^c
$C_{20:2}$	857.65±46.62	1 155.15±243.82	562.60±27.84	211.22±15.86 ^a	336.79±65.85 ^b	41.28±6.26 ^c
$C_{20:3(n-6)}$	185.52±12.97	634.10±52.01	475.85±38.90	171.85±23.66 ^a	454.36±44.67 ^b	101.48±24.29 ^c
$C_{20:3(n-6)}$	359.95±56.55	613.82±55.73	458.41±63.28	97.44±17.03 ^a	490.80±23.7 ^b	23.83±5.02 ^c
$C_{20:4(n-6)}$	2 023.39±237.36	3 274.07±243.27	2 846.50±231.02	1 728.98±283.02	1 357.72±261.99	490.98±62.26
$C_{20:5(n-3)}$	5 283.35±328.49	8 973.02±342.89	6 977.71±392.29	5 411.26±453.85	4 320.45±524.53	2 757.55±257.3
$C_{21:0}$	139.99±21.01	108.18±2.91	81.88±6.27	15.26±0.04 ^a	46.06±4.82 ^b	3.58±0.02 ^c
$C_{22:0}$	415.63±23.84	514.37±17.55	364.93±21.00	50.05±2.93 ^a	160.17±42.01 ^b	12.18±0.01 ^c
$C_{22:1(n-9)}$	360.65±12.03	264.74±26.64	200.02±12.83	52.38±4.69 ^a	151.02±23.19 ^b	25.55±0.67 ^c
$C_{22:2}$	62.51±2.72	39.43±6.82	22.01±0.28	29.90±0.03 ^a	25.91±0.04 ^b	3.33±0.02 ^c
$C_{22:3(n-3)}$	13 194.91±298.53	23 675.33±842.02	18 675.44±372.37	10 700.48±364.92 ^a	8 146.40±266.27 ^b	1 787.31±263.28 ^b
$C_{23:0}$	117.87±6.57	108.86±26.34	90.56±0.02	8.20±0.06 ^a	61.56±5.94 ^b	0.29±0.01 ^c
$C_{24:0}$	302.88±65.81	437.36±53.82	305.73±2.27	25.46±1.89 ^a	158.58±41.27 ^b	0.89±0.55 ^c
$C_{24:1}$	655.07±45.39	371.24±7.52	162.78±26.45	55.61±8.02 ^a	48.32±5.66 ^b	2.12±0.01 ^b
$C_{26:0}$	0.18±0.01	0.21±0.03	0.09±0.01	0.37±0.02	0.13±0.02	0.25±0.03
Σ饱和脂肪酸	34 803.33±2 014.91	39 248.68±1 237.83	33 591.58±1 682.84	16 486.49±632.92	19 042.57±1 303.58	4 856.19±797.5
Σ单不饱和脂肪酸	21 596.6±1 333.47	27 543.81±1 897.52	13 430.83±1245.89	8 649.37±311.34	16 459.98±1 254.19	1 674.36±128.27
Σ多不饱和脂肪酸	23 240.57±1 380.18	39 289.99±1 867.64	31 162.44±1 257.60	19 123.84±1 239.94	15 587.63±1 245.30	5 312.20±304.0

2.3 三疣梭子蟹野生、养殖和“科甬1号”群体肝胰腺、卵巢和肌肉中挥发性风味化合物比较分析

表6 三疣梭子蟹野生、养殖和“科甬1号”群体卵巢挥发性香气化合物成分及相对含量
Table 6 Composition and relative contents of volatile compounds in ovary of three different swimming crab populations

化合物类别	保留时间/min	化合物名称	相对含量/%		
			野生群体	“科甬1号”	养殖群体
烷烃类 (51)	2.27	硫化丙烯	0.40	0.40	
	2.45	正己烷	3.85	6.98	12.62
	2.62	3-甲基戊烷		1.95	
	4.16	甲苯	0.94	0.20	
	4.96	环庚三烯		0.01	
	6.64	对二甲苯	0.02		
	9.85	2,6-二甲苯壬烷		0.86	
	10.15	十一烷	0.77		0.62
	10.92	4-甲基癸烷	0.08		
	11.25	3,7-二甲基十一烷			0.03
	12.13	4,7-二甲基十一烷			0.34
	12.88	1,2,4,5-四甲苯	0.11		
	12.92	1,2,3,5-四甲基苯		0.41	
	14.93	十二烷	3.36	3.94	0.09
	17.66	十三烷	1.53	0.19	0.19
	20.32	十四烷	1.28	1.04	0.63
	21.61	壬基环戊烷			0.38
	21.63	环十四烷		0.78	
	22.81	十五烷		0.82	1.18
	22.82	十六烷	1.41	0.72	
	24.10	壬基环己烷	0.03	0.52	
	27.30	1-十九烯	1.76	0.55	
	27.43	四氢新植二烯			0.23
	27.43	十七烷	0.78	0.60	0.38
	27.53	2,6,10,14-四甲基十五烷	0.09	0.35	
	27.55	2-甲基十八烷			0.20
	27.57	二十一烷	0.60		
	27.69	2,6,10-三甲基十二烷			0.03
	28.60	碘代十六烷	0.77	0.60	
	28.82	16-甲基十七烷			0.43
	28.83	正十一烷基环己烷	1.39	0.55	0.40
	29.34	3-亚甲基十三烷	0.83		
	29.58	十九烷	0.88	0.05	0.25
	31.51	1-二十二烯	2.31	0.16	
	33.05	三癸环己烷	2.56	1.97	
	33.54	3-甲基二十烷		0.02	
	33.64	2-甲基十九烷		0.66	
	33.65	二十五烷			0.02
	34.28	二十八烷	1.40		0.02
	34.49	3-二十烷		0.84	
	34.82	7-己基二十烷			1.17
	35.57	2-乙基-5-丁基十八烷		0.02	
	35.64	2,4-二甲基二十二烷		1.18	
	35.74	2,4-二甲基二十烷			2.17
	35.75	四十四烷	2.39		
	35.80	1-二十六碳烯			2.41
	35.85	十五烷基环己烷		0.44	
	36.03	二十七烷	3.58	0.43	0.49
	36.08	植烷		0.08	
	36.26	1-甲基-2-戊基环己烷		1.82	
	36.34	17-五十五碳烯		0.38	

续表6

化合物类别	保留时间/min	化合物名称	相对含量/%		
			野生群体	“科甬1号”	养殖群体
醇类 (11)	2.23	乙醇	0.01		
	3.49	1-异丁氧基-2-丙醇			0.11
	4.63	(2R,3R) - (-) - 2,3-丁二醇	5.26	2.32	
	26.52	鲸蜡醇	1.71	0.92	0.70
	30.92	十八醇	2.91	2.12	
	34.50	二十烷醇		0.12	0.01
	34.58	山萘醇		1.07	0.03
	34.59	1-二十醇	2.41	1.14	
	34.89	己基癸醇	6.15	0.84	2.58
	35.02	4 α -甲基胆甾-8,24-二烯-3 β -醇			0.02
	35.86	二十一醇	3.70		
醛类 (1)	3.83	3-甲基-1-戊醛	0.14	0.65	
酮类 (1)	3.42	3-羟基-2-丁酮	1.23		
	2.65	二氯乙酸丁酯			1.99
	3.80	1-甲基丙酯			0.21
	22.45	硬脂酸-3-十八烷氧基丙酯		0.03	
	31.10	十六烷基三氯乙酸酯			0.56
酯类 (11)	31.11	邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯	10.89		2.65
	31.31	邻苯二甲酸双十三烷基酯	0.09		
	32.92	酞酸二丁酯		0.49	
	33.23	邻苯二甲酸二丁酯	2.60	3.71	0.18
	35.73	间苯二甲酸二辛酯	61.95	13.79	
	35.77	间苯二甲酸二(2-乙基己基)酯		0.77	0.84
	35.78	对苯二甲酸二辛酯			0.03
	23.31	2,6-二叔丁基对甲酚	2.02	1.30	0.05
	2.24	乙醚	0.12		0.02
	2.34	甲基丙基醚			0.92
	3.89	3-异辛氧基丙胺	0.05		
其他 (12)	17.78	吡啶		2.48	
	18.42	三丙二醇甲醚	2.51	3.80	6.68
	29.69	3-羟基-7-(羟基氨基)胆酸			2.51
	34.73	油酰胺		0.37	
	35.24	α -苯基- α -丙基乙醛甲苯磺酰肼			7.26
	35.87	棕榈酰胺		0.19	
	35.97	十九酰胺			0.02
	36.01	9-十六碳烯酸			0.36
	36.21	油酸酰胺	3.47	2.40	0.06

如表6所示, 3个群体卵巢中共检测到88种挥发性风味化合物, 显著高于中华绒螯蟹^[28-29]和虾类^[30]中的检测结果, 其中烷烃类化合物51种、醇类化合物11种、酯类化合物11种、醛类、酮类和酚类化合物各1种、其他化合物12种。在这些化合物中, 野生群体43种, “科甬1号”群体51种, 养殖群体44种, 3个群体共有的化合物有13种, 总体相对含量并无显著性差异。

本实验检测到的挥发性化合物主要为烷烃类化合物, 由于气味阈值较高, 所以烷烃类化合物对气味形成的贡献很小^[9], 但也有研究表明支链烷烃对风味形成具

有一定贡献^[31-32], 如本研究中检测到的2,6,10,14-四甲基十五烷, 在龙虾香气形成中贡献清香和天香气味^[32]。本实验还检测到1,2,3,5-四甲基苯、2-乙基-5-丁基十八烷等多个支链烷烃, 且“科甬1号”群体中上述支链烷烃相对含量均最高, 是“科甬1号”香气优于野生和养殖群体的原因之一。此外, 对二甲苯、甲苯等化合物被认为是螃蟹所生活的环境所造成的^[28], 在3个群体中的差异比较明显, 可能是风味差异的重要原因。

醇类阈值高, 除挥发性较高的不饱和醇具有香气外, 对食品的芳香贡献较小, “科甬1号”群体二十烷醇等含量高于其他两群体, 可能是“科甬1号”香气优于野生和养殖群体的主要原因之一。醛类因为阈值低, 对食品风味有一定的贡献, 检测到的醛类数量较少, 检测到的3-甲基-1-戊醛对三疣梭子蟹的腥味形成具有一定贡献^[5,28], 3个群体之间并无显著差异。另外, 检测到11种酯类化合物, 但酯类呈果香味, 对风味贡献不大。其他类化合物, 如吡啶可能来自环境中^[31], 酮类化合物一般是由不饱和脂肪酸的氧化或是氨基酸分解产生^[28], 具有独特的清香和果香味, 这些化合物对三疣梭子蟹香气的形成均发挥一定作用, 但由于相对含量极少, 并不是造成3个群体香气差异的主要原因。

3 结 论

三疣梭子蟹野生群体、“科甬1号”群体和养殖群体在主要呈味氨基酸、多不饱和脂肪酸、甜菜碱和部分挥发性化合物的含量上差异明显, 是产生营养和风味差异的重要原因, 且不同组织对风味的形成贡献不同, 雌雄之间存在差异。野生群体和“科甬1号”群体卵巢和肌肉多不饱和脂肪酸贡献的风味显著优于养殖群体。除上述指标外, 核苷酸、有机酸、矿物质等均可能是造成不同群体风味差异的原因, 通过定量及综合分析可使结果更加精确。

从营养与风味角度分析, 三疣梭子蟹“科甬1号”新品种与野生群体差异不大, 甚至某些指标超过野生群体, 其市场价值有待提高, 养殖前景可观。研究将为三疣梭子蟹营养品质分析及市场价值定位提供数据支持。

参考文献:

- [1] 薛俊增, 堵南山, 赖伟. 中国三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus* Miers)的研究[J]. 东南海洋, 1997, 15(1): 60-65.
- [2] 高保全, 刘萍, 李健, 等. 三疣梭子蟹4个野生群体形态差异分析[J]. 中国水产科学, 2007, 14(2): 223-228. DOI:10.3321/j.issn:1005-8737.2007.02.007.
- [3] 农业部渔业局. 中国渔业年鉴2016[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [4] 陈晨, 母昌考, 宋微微, 等. 三疣梭子蟹“科甬1号”生长速率、形态特征和对溶藻弧菌的耐受性[J]. 水产学报, 2015, 39(6): 818-823. DOI:10.11964/jfc.20141209614.

- [5] 于慧子, 陈舜胜. 中华绒螯蟹蟹肉和蟹黄中挥发性风味物质组成[J]. 食品科学, 2011, 32(8): 267-271.
- [6] SHAO L S, WANG C, HE J, et al. Meat quality of Chinese mitten crabs fattened with natural and formulated diets[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2014, 23(1): 59-72. DOI:10.1080/10498850.2012.694583.
- [7] 付娜, 王锡昌. 电子舌分析和感官评价在游离氨基酸对中华绒螯蟹整体滋味贡献评价中的研究[J]. 食品工业学报, 2014, 35(20): 91-96. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.20.011.
- [8] 朱清顺, 柏如发. 养殖中华绒螯蟹风味品质比较研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(3): 463-468.
- [9] 卜俊芝. 三种海蟹营养和风味成分的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2012. DOI:10.7666/d.Y2292455.
- [10] 汪倩, 吴旭干, 楼宝, 等. 三疣梭子蟹不同部位肌肉主要营养成分分析[J]. 营养学报, 2013, 35(3): 310-312. DOI:10.13325/j.cnki.acta.nutr.sin.2013.03.001.
- [11] 常五行, 娄燕冰. 水产品加工技术文集[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1992.
- [12] NIKOLAY A L, SERGEY P K, VLADIMIR I K, et al. Lipids and of fatty acids of edible crabs of the north-western Pacific[J]. Food Chemistry, 2009, 116: 657-661. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.02.085.
- [13] MARIA V M, JULIA L H, MARIA A L. Protein and amino acid contents in the crab, *Chionoecetes opilio*[J]. Food Chemistry, 2007, 103: 1330-1336. DOI:10.1016/j.foodchem.2006.10.045.
- [14] KONOSU S, HAYASHI T, YAMAGUCHI K, et al. Role of extractive components of boiled crab in producing the characteristic flavor[M]. Umami: A Basic Taste, 1987: 235-253.
- [15] MUSKIET F A J, VAN GOOR S A, KUIPERS R S, et al. Long-chain polyunsaturated fatty acids in maternal and infant nutrition[J]. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 2006, 75: 135-144. DOI:10.1016/j.plefa.2006.05.010.
- [16] ZHANG J J, LI X Q, LENG X J, et al. Effects of dietary astaxanthins on pigmentation of flesh and tissue antioxidation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)[J]. Aquaculture International, 2013, 21(3): 579-589. DOI:10.1007/s10499-012-9590-9.
- [17] YOKO K, NAKO Y, SHIGEN O. 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: 371-379. DOI:10.1016/j.foodres.2008.01.001.
- [18] LEDUC F, TOURNAYRE P, KONJOYAN N, et al. Evolution of volatile odorous compounds during the storage of European seabass (*Dicentrarchus labrax*)[J]. Food Chemistry, 2012, 131(4): 1304-1311. DOI:10.1016/j.foodchem.2011.09.123.
- [19] 张晶晶, 梁萍, 施文正, 等. 不同冷藏期鲳鱼及草鱼气味变化分析[J]. 食品科学, 2016, 37(20): 31-36. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201620006.
- [20] VAN DEN DOOL H, KRATZ P D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 1963, 11: 463-471. DOI:10.1016/S0021-9673(01)80947-X.
- [21] 刘南南, 郑福平, 张玉玉, 等. SAFE-GC-MS分析酸牛奶挥发性成分[J]. 食品科学, 2014, 35(22): 150-153. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201422028.
- [22] 陈德慰. 熟制大闸蟹风味及冷冻加工技术的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007. DOI:10.7666/d.y1195850.
- [23] 徐善良, 张薇, 严小军, 等. 野生与养殖三疣梭子蟹营养品质分析及比较[J]. 动物营养学报, 2009, 21(20): 695-702. DOI:10.3969/j.issn.1006-267x.2009.05.014.
- [24] 郑海波. 中华绒螯蟹的品质分析与比较[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2008. DOI:10.7666/d.y1397801.
- [25] 邵路畅. 配合饲料和野杂鱼育肥对中华绒螯蟹品质及感官评价的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.
- [26] ANUPAM G, KAZUFUMI O, TOSHIKI O. Identification and characterisation of headspace volatiles of fish miso, a Japanese fish meat based fermented paste, with special emphasis on effect of fish species and meat washing[J]. Food Chemistry, 2010, 120(2): 621-631. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.10.036.
- [27] CHEN D W. Determination of odour-active compounds in the cooked meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) by solid phase microextraction, gas chromatography-olfactometry and gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2010, 18(4): 290-296. DOI:10.1007/s12562-015-0925-0.
- [28] 陈舜胜, 蒋根栋. 中华绒螯蟹蟹肉挥发性风味成分分析[J]. 食品科学, 2009, 30(20): 308-311.
- [29] 顾赛麒, 王锡昌, 陶宁萍, 等. 基于主成分分析和聚类分析评价中华绒螯蟹蟹肉香气品质的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(24): 120-125. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2012.24.088.
- [30] 潘强, 李汴生, 申晓曦, 等. 基围虾及其干制品的香气初探[J]. 现代食品科技, 2009, 29(3): 256-259. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2009.03.005.
- [31] 卜俊芝, 戴志远, 李燕, 等. 细点圆趾蟹加工水煮液的营养成分及风味物质分析[J]. 中国食品学报, 2013, 13(9): 207-216. DOI:10.16429/j.1009-7848.2013.09.037.
- [32] SHAHIDI F. 肉制品与水产品的风味[M]. 李洁, 朱国斌, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.