DOI:10.3969/j.issn.2095 - 1833.2022.03.002

中国明对虾野生群体与选育群体肌肉中滋味物质的比较分析

郭建港[1,3],何玉英[1,2*],王琼[1,2],郑礼[1,3],李健[1,2]

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 农业农村部海洋渔业可持续发展重点实验室, 山东 青岛 266071;
2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266071;
3. 上海海洋大学 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306)

摘要:为比较分析中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)野生群体和选育群体肌肉的滋味品质,本研究采用高效液相色谱仪、氨基酸自动分析仪和离子色谱仪对中国明对虾 2 个群体肌肉中的游离氨基酸、呈味核苷酸、甜菜碱和无机离子的含量进行测定,并采用味道强度值(TAV)和味精当量值(EUC)来评价滋味物质的呈味强度。结果表明:野生群体游离氨基酸总量为 4 509 mg/100 g,显著高于选育群体的 3 039.24 mg/100 g($P<0.05$),选育群体中仅脯氨酸含量显著高于野生群体($P<0.05$),野生群体中 TAV >1 的氨基酸有 9 种,选育群体为 5 种,说明野生群体中对滋味有贡献的游离氨基酸组成较选育群体更加丰富;野生群体中呈味核苷酸总量及其中的 5′-腺苷酸(AMP)、5′-肌苷酸(IMP)含量均显著低于选育群体($P<0.05$),其 AMP、IMP 的 TAV 值为 0.79 和 5.12,低于选育群体,说明 AMP、IMP 对选育群体滋味贡献程度更高;野生群体中甜菜碱、K^+、Ca^{2+}、Na^+ 和 Cl^- 的含量及 TAV 值显著高于选育群体,其中仅 PO_4^{3-} 的含量显著低于选育群体($P<0.05$);野生群体的 EUC 为 28.46 g MSG/100 g,显著高于选育群体的 15.70 g MSG/100 g($P<0.05$)。综上,野生群体肌肉的整体鲜甜滋味要优于选育群体,而脯氨酸、AMP、IMP 和 PO_4^{3-} 对选育群体滋味贡献更加显著,同时表明选育群体也具有较好的水产滋味品质。[中国渔业质量与标注,2022,12(3):09 - 16]

关键词:肌肉;游离氨基酸;呈味核苷酸;甜菜碱;无机离子;滋味
中图分类号:S93　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:2095 - 1833(2022)03 - 0009 - 08

中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*),又称中国对虾、东方对虾,隶属于节肢动物门(Arthropoda),甲壳纲(Crustacea),十足目(Decapoda),对虾科(Penaeidae),明对虾属(*Fenneropenaeu*),主要分布在中国的黄、渤海地区,是重要的渔业资源之一。中国明对虾肉质鲜嫩味美,风味独特,富含高蛋白及多种矿物质元素[1],深受国内外消费者喜爱。为了平衡中国明对虾的市场需求与种质资源,中国于 20 世纪 80 年代开展中国明对虾的选育工作,而当前对中国明对虾选育群体的研究仍围绕在遗传多样性、抗逆性、生长发育等领域[2-4],经选育的中国明对虾在风味品质方面与野生群体相比是否存在差异还需进一步研究。

已有研究表明游离氨基酸、核苷酸、甜菜碱和无机离子等滋味物质的组成和含量都直接影响到水产动物的风味品质[5]。目前,已有学者对不同水产动物野生群体和选育群体间的滋味品质差异开展了研究,刘磊等[6]在对三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)野生群体和“科甬 1 号”新品种风味品质的比较分析中发现,“科甬 1 号”中呈味氨基酸对其滋味的贡献程度高于野生群体,多不饱和脂肪酸对风味的贡献程度与野生群体相当,其具有可观的养殖前景;范武江等[7]研究发现,日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)野生群体和养殖群体均为优质的蛋白源,野生群体在脂肪酸和必需氨基酸含量方面要优于养殖群体;高强等[8]在对罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)新品种“南太湖 2 号”的研究中发现,其营养品质要优于非选育群体。当前,也有部分学者对中国明对虾肌肉中营养成分进行了测定分析[9-11],但尚未见关于其野生群体和选育群体的滋味物质成分全面分析的报道。

中国明对虾选育群体和野生群体滋味物质的差

收稿日期:2021 - 12 - 23;**接收日期**:2022 - 02 - 25
资助项目:国家虾蟹产业技术体系(CARS - 48);中国水产科学研究院基本科研业务费项目(2020TD46);中央提前下达渔业成品油价格改革财政补贴项目(326 - 0501 - YZN - Z4HB)。
第一作者:郭建港(1997 -),硕士研究生,研究方向为对虾遗传育种及对虾健康养殖技术,E - mail:1393935289@qq.com
通信作者:何玉英,研究员,研究方向为对虾遗传育种及对虾健康养殖技术,E - mail:heyy@ysfri.ac.cn

异有哪些,选育是否会对其品质产生影响,这些都成为我们亟待解决的问题。鉴于此,本研究通过测定中国明对虾野生群体和选育群体肌肉中的游离氨基酸、呈味核苷酸、甜菜碱和无机离子等滋味物质含量,同时结合呈味物质的味道强度值(Taste Activity Value, TAV)及味精当量(Equivalent Umami Concentration, EUC),探明人工选育是否会对中国明对虾滋味品质产生影响,为今后中国明对虾种质改良提供相关的数据支撑和理论依据,从而推动中国明对虾养殖产业的健康可持续发展。

1 材料与方法

1.1 实验材料

中国明对虾野生群体于 2019 年 6 月取自黄海北部(34°21′,124°38′),平均体长(14.09 ±0.67)cm,平均体重(24.35 ±1.22)g;选育群体于同月取自昌邑市海丰水产养殖有限责任公司,平均体长(12.48 ±0.24)cm,平均体重(20.72 ±0.81)g。两群体均选取活力好且规格齐整的健康雌性对虾。选育群体选用的是中国水产科学研究院黄海水产研究所以中国对虾"黄海 1 号"保种群体及从渤海海州湾、莱州湾收集的 2 个野生群体构建的基础群体,将耐氨氮胁迫能力及生长速度作为选育指标,经连续 5 代选育得到的中国明对虾新品种"黄海 3 号"(品种登记号为 GS－01－002－2013)。将挑选出的对虾充氧密封条件下运至实验室,保证其存活。

选取 2 个群体的对虾活体各 20 尾,操作全程在冰板上进行,用酒精对取样用镊子和剪刀进行消毒,去除虾头、虾壳,快速解剖取得肌肉组织,放入 2 mL 无菌 EP 管后,迅速转移至液氮罐内进行速冻,于－80 ℃保存待用。

1.2 试剂与仪器

氯化钠、高氯酸、盐酸、氢氧化钾、三乙胺、磷酸二氢钾、雷氏盐(均为分析纯),北京国药集团化学试剂有限公司;5′-腺苷酸(AMP)、5′-肌苷酸(IMP)、5′-鸟苷酸(GMP)、次黄嘌呤核苷(HxR)和次黄嘌呤(Hx)标准品、17 种氨基酸标准品、甜菜碱标准品(均为色谱纯),美国 Sigma 公司;乙腈、甲醇、异硫氰酸苯酯(均为色谱纯),上海安谱实验有限公司。

LA8080 氨基酸自动分析仪,日本日立公司;U3000 高效液相色谱仪,美国赛默飞世尔公司;Trace 1300 气相质谱仪,美国赛默飞世尔公司;H2050R 高速冷冻离心机,长沙湘仪有限公司;PHSJ－3F pH 计,上海仪电科学仪器股份有限公司;ECO－IC 离子色谱仪,瑞士万通公司。

1.3 实验方法

1.3.1 游离氨基酸的测定

参考张娜等[12]的测定方法。分别准确称取 0.20 g 2 个群体的对虾肌肉,加入 0.02 mol/L 盐酸溶液水解 24 h 后,用去离子水定容至 25 mL,摇匀,室温下超声提取 60 min,所得溶液过 C_{18}柱,取滤液用0.22 μm 水相微孔滤膜过滤后待上机测定。

分析条件:磺酸型阳离子树脂色谱柱;分离柱温度:57 ℃;检测波长:570 nm 和 440 nm;缓冲液:柠檬酸钠和柠檬酸的混合缓冲液;流速为:0.40 mL/min;反应液:茚三酮试剂;反应液流量:0.35 mL/min;反应单元温度:135 ℃;进样量 500 μL。

1.3.2 呈味核苷酸的测定

参考 Liu 等[13]的测定方法。分别准确称取 1.00 g 2 个群体的对虾肌肉,加入 10% 高氯酸 10 mL 进行研磨,超声提取 20 min 后,在 8 000 r/min、4 ℃下冷冻离心 15 min 后,取上清液转移至离心管中,剩余沉淀加入 5% 高氯酸 10 mL 重复上述操作步骤,收集上清液,用 5 mol/L KOH 溶液调整 pH 至 6.5,用超纯水定容至 50 mL,摇匀,用 0.22 μm 滤膜过滤后待上机测定。

分析条件:C_{18}(250 mm ×4.6 mm,5 μm)色谱柱;柱温:25 ℃;检测波长:254 nm;流动相:磷酸盐缓冲液:甲醇 =1 000:40;流速:1.0 mL/min;洗脱梯度:等梯度洗脱 40 min;进样量:10 μL。

1.3.3 甜菜碱、无机离子的测定

甜菜碱的测定参考 Focht 等[14]的测定方法。分别准确称取 5.00 g 2 个群体的对虾肌肉,加入蒸馏水 10 mL,充分搅拌 1 min,蒸煮 15 min,4 ℃冷藏过夜,次日 5 000 r/min 离心 10 min,过滤,收集滤液。再用 10 mL 乙醇洗涤沉淀,重复以上操作,合并 2 次滤液,减压浓缩,用蒸馏水定容至 100 mL,4 ℃冷藏备用,待上机操作。标曲的制作参照陈德慰等[15]的方法。

无机离子的测定参考邵洋等[16]的测定方法。分别准确称取 1.00 g 2 个群体的对虾肌肉,置于 10 mL 离心管内,加入 5 mL 纯水,用玻璃棒将虾肉研磨捣碎,超声提取 30 min。加入约 3 ~5 mL 正己烷,继续超声处理 30 min,弃去上层,重复上述操作 2 次。下层用纯水定容至 10 mL,充分混匀,15 000 r/min 离心 5 min。上清液过 C_{18}柱,取滤液用 0.22 μm 滤膜过滤

后待上机测定。

阳离子的检测条件:Metrosep C_4 色谱柱;流动相:30 mmol/L NaOH;流速:1 mL/min。阴离子检测条件:Metrosep A Supp5 色谱柱;流动相:2 mmol/L 碳酸钠 +1.0 mmol/L 碳酸氢钠;流速:0.6 mL/min

1.3.4　味道强度值(TAV)

味道强度值(Taste Activity Value,TAV)是一种用来评价滋味物质呈味强度的最为经典和客观的方法[17]。公式如下:

$$TAV = \frac{C}{T} \qquad 式(1)$$

式中,C:滋味物质的绝对浓度值,mg/100 g;T:滋味物质的阈值,mg/100 g。TAV >1 时,该呈味物质对于样品的呈味有显著影响,数值越大贡献越大;TAV <1 时,该呈味物质对样品风味没有贡献[18]。

1.3.5　味精当量(EUC)

依据 Yamaguchi 等[17]的方法,公式如下:

$$EUC = \sum a_i b_i + 1\ 218(\sum a_i b_i)(\sum a_j b_j) \qquad 式(2)$$

式中,EUC:味精当量(g MSG/100 g);a_i 鲜味氨基酸(Asp、Glu)的含量(g/100 g);b_i 鲜味氨基酸相对于 MSG 的相对鲜度系数(Glu 为 1,Asp 为 0.077);a_j 呈味核甘酸(GMP、IMP、AMP)的含量(g/100 g);b_j 呈味核甘酸相对于 IMP 的相对鲜度系数(IMP 为 1,GMP 为 2.3,AMP 为 0.18);1 218 为协同作用系数。

1.4　数据处理

采用 SPSS 25.0 对实验数据进行统计分析,数据表示为平均值 ± 标准差(mean ± SD),用 T 检验法进行差异显著性分析,以 $P<0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2　结果与讨论

2.1　游离氨基酸含量比较分析

游离氨基酸作为水产动物中重要的滋味物质,其含量与组成往往决定了水产动物的鲜美程度[19]。不同的游离氨基酸呈现的滋味特征也有所不同,天冬氨酸与谷氨酸呈现鲜味[20],丙氨酸、甘氨酸、脯氨酸等与甜味有关[21],亮氨酸、赖氨酸和蛋氨酸为苦味氨基酸[22],精氨酸虽为苦味氨基酸,但可提升水产动物的鲜味,平衡其他物质赋予水产品的腥味[23],对水产动物滋味的贡献是正向性的。

野生群体和选育群体肌肉中游离氨基酸含量见表 1,根据各游离氨基酸的阈值计算得出 TAV 值,筛选出其中 TAV >1 的游离氨基酸,具体结果见图 1。本研究发现,野生群体游离氨基酸总量为 4 509.66 mg/100 g,呈味氨基酸总量为 2 426.00 mg/100 g,而选育群体游离氨基酸总量为 3 039.24 mg/100 g,呈味氨基酸总量为 2 150.24 mg/100 g,均显著低于野生群体($P<0.05$)。

2 个群体肌肉中共检测了 16 种游离氨基酸,野生群体中有 14 种游离氨基酸含量显著高于选育群体($P<0.05$),包含呈鲜味的谷氨酸以及呈甜味的苏氨酸、甘氨酸和丙氨酸,其 TAV 值均显著高于选育群体($P<0.05$),说明上述游离氨基酸对野生群体滋味贡献程度大于选育群体,野生群体肌肉的鲜甜程度更高。野生群体肌肉中脯氨酸含量为636.67 mg/100 g,显著低于选育群体的 770.00 mg/100 g($P<0.05$),Vandendool 等[24]研究发现,脯氨酸在低浓度时呈现甜味,高浓度时呈现苦味,由此推测野生群体肌肉具有比选育群体更甜的滋味。

此外,由图 1 可知,野生群体中呈苦味的缬氨酸、蛋氨酸和组氨酸的 TAV 值也大于1,这些苦味氨基酸同时还具备增加呈味复杂性和相对提高鲜度的作用[25],说明野生群体中对滋味有贡献的游离氨基酸组成较选育群体更加丰富,同时野生群体肌肉的鲜味也有所提高。2 个群体中含量最高且 TAV 值最大的氨基酸均为精氨酸,这一结果与王曜等[26]和贠三月等[27]研究发现的克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)和凡纳滨对虾(*Litopenaeus Vannamei*)肌肉中精氨酸TAV 值最高的结果一致。综上,野生群体肌肉主要呈现的滋味为鲜、甜、苦,且整体滋味要优于选育群体。

2.2　呈味核苷酸含量比较分析

对虾肌肉中核苷酸的主要存在形式为三磷酸腺苷(ATP),当其死后,ATP 在多种酶的作用下降解,主要降解途径有两种:ATP→ADP→AMP→IMP→HxR→Hx 和 ATP→ADR→IMP→HxR→Hx。降解过程产生的核苷酸及其衍生物是影响水产动物滋味的另一重要因素[28],其中 AMP、IMP 和 GMP 对滋味均具有不同贡献。IMP 和 GMP 具有高于味精的强烈鲜味[29],可以增强食品的鲜味和甜味。AMP 除能抑制苦味外,还能与 IMP 产生协同增鲜作用[30-31]。

表 1 野生群体和选育群体肌肉中游离氨基酸含量

Tab. 1 Content of free amino acids in the wild population and selected population

游离氨基酸 Free amino acid	呈味特性 Flavor characteristics	含量/[mg·(100 g^{-1})] Content	
		野生群体 Wild population	选育群体 Selected population
天冬氨酸(Asp)※	甜/鲜(+)	30.67±1.15*	4.53±0.55
苏氨酸(Thr)	甜(+)	323.33±11.15*	14.33±2.08
丝氨酸(Ser)※	甜(+)	100.67±8.14*	27.67±3.18
谷氨酸(Glu)※	鲜(+)	123.33±5.77*	59.41±7.21
甘氨酸(Gly)※	甜(+)	1 241.33±10.74*	1 034.63±20.82
丙氨酸(Ala)※	甜(+)	293.33±4.04*	254.00±17.78
缬氨酸(Val)	甜/苦(-)	130.00±2.31*	28.33±7.51
蛋氨酸(Met)	苦/甜/硫(-)	74.67±1.73*	10.23±2.25
异亮氨酸(Ile)	苦(-)	84.33±5.77*	10.47±2.34
亮氨酸(Leu)	苦(-)	44.00±2.52*	25.33±3.51
酪氨酸(Tyr)	苦(-)	173.33±5.77*	10.37±1.95^{b}
赖氨酸(Lys)	甜/苦(-)	25.67±3.09	24.33±8.74
组氨酸(His)	苦(-)	93.33±5.77*	12.30±3.56
精氨酸(Arg)	甜/苦(+)	1 056.67±21.09*	751.67±26.08
脯氨酸(Pro)※	甜/苦(+)	636.67±23.09*	770.00±21.55
苯丙氨酸(Phe)	苦(-)	78.33±1.15*	1.63±0.12
呈味氨基酸含量		2 426.00±52.93*	2 150.24±71.09
游离氨基酸总量		4 509.66±113.85*	3 039.24±129.23

注:※呈味氨基酸;同一行中*表示差异显著($P<0.05$),无*标注表示无显著性差异($P\geq0.05$);(+)味道愉悦;(-)味道不好。全文同。

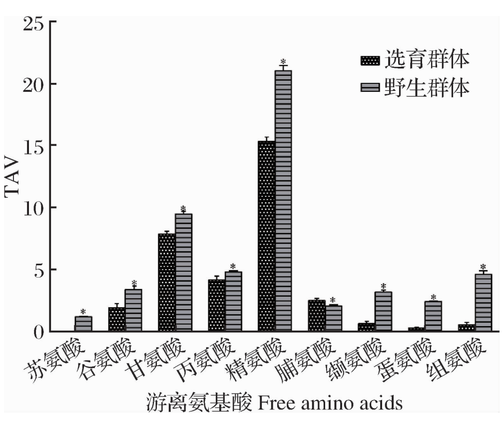

图 1 野生群体和选育群体肌肉中游离氨基酸的 TAV

Fig. 1 TAV of free amino acids in the muscle of wild population and selected population

野生群体和选育群体肌肉中各呈味核苷酸含量及其 TAV 值见表 2。本研究发现,2 群体的呈味核苷酸总量分别为 250.91 mg/100 g 和 515.77 mg/100 g,野生群体含量显著低于选育群体($P<0.05$)。此外,野生群体肌肉中 AMP、IMP 的含量显著低于选育群体($P<0.05$),Hx 和 HxR 的含量显著高于选育群体($P<0.05$),推测原因是由于中国明对虾野生群体死后体内 ATP 降解过程较选育群体更为活跃,这与李婉君[32]和石婧等[33]对南极磷虾(*Euphausia superba*)和中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)等海捕野生群体的研究结果相似。

针对 2 个群体中呈味核苷酸的 TAV 值进行比较分析发现,两个群体中 IMP 的 TAV 值均大于 1,其对应的 TAV 值分别为 5.12 和 8.95,说明 IMP 对两个群体虾肉的鲜味特征贡献程度较高,且对选育群体的滋味贡献程度大于野生群体。此外,仅选育群体中 AMP 的 TAV 值大于 1,表明 AMP 对选育群体肌肉鲜味特征具有重要贡献。综上,AMP 和 IMP 对选育群体滋味贡献更加显著,赋予其强烈的鲜味。

表2 野生群体和选育群体肌肉中呈味核苷酸含量及TAV值

Tab.2 Flavor nucleotide content and TAV in the muscle of wild population and selected populations

呈味核苷酸 Flavor nucleotides	阈值 Threshold value	含量/[mg·(100 g^{-1})]Content		TAV	
		野生群体 Wild population	选育群体 Selected population	野生群体 Wild population	选育群体 Selected population
AMP	50.0	39.56 ±2.97*	259.21 ±8.44	0.79	5.18
IMP	25.0	127.99 ±3.20*	223.79 ±1.18	5.12	8.95
GMP	12.5	4.06 ±0.24	4.84 ±0.48	0.32	0.39
ATP		2.74 ±0.42	2.25 ±0.81		
ADP		22.17 ±0.59	20.73 ±2.52		
Hx		13.50 ±3.30*	1.25 ±0.41		
HxR		10.89 ±2.97*	3.70 ±1.15		
总量		250.91 ±27.37*	515.77 ±14.9		

2.3 甜菜碱、无机离子含量比较分析

甜菜碱广泛存在于各类水产动物体内,其在产生甜味的同时还具有增强滋味厚度的作用[34],此外甜菜碱还具有调节渗透压、抑制脂肪肝、缓和应激的功能[35-36]。野生群体和选育群体肌肉中甜菜碱和无机离子含量及TAV值见表3,本研究发现,野生群体甜菜碱含量为1 328.91 mg/100 g,显著高于选育群体的655.44 mg/100 g($P<0.05$),为选育群体的2.03倍,这与薛长湖等[36]对中国明对虾甜菜碱的测定结果一致。此外,野生群体和选育群体甜菜碱的TAV值均大于1,分别为5.32、2.62,表明甜菜碱对野生群体滋味的贡献程度更大,说明野生群体具有更加爽快的甜味,以及更高的营养价值。

无机离子对水产动物呈味作用有着重要影响,是水产品中不可或缺的呈味辅助物质[37],同时也是人类维持生命正常活动不可或缺的营养要素。已有研究发现,Na^+和K^+的缺失会使水产动物的鲜甜味降低,同时苦味增强[38];Cl^-的缺失会导致所有滋味减弱[39]。本研究发现,有4种离子在两群体间存在显著差异($P<0.05$),野生群体中Na^+、K^+、Cl^-含量显著高于选育群体($P<0.05$),PO_4^{3-}含量显著低于选育群体($P<0.05$),Ca^{2+}、Mg^{2+}含量在两群体间无显著差异。野生群体肌肉中Na^+、K^+、Cl^-、Ca^{2+}和PO_4^{3-}的TAV值均大于1,说明以上离子对其滋味均有显著贡献,而在选育群体中Na^+、Cl^-的TAV值均小于1,对其滋味没有贡献,同时减弱了选育群体的鲜甜滋味,Hayashi等[39]证实Na^+、K^+、Cl^-是雪蟹(Chionoecetes opilio)等甲壳动物的主要滋味成分,PO_4^{3-}等离子对滋味起修饰作用,说明在选育群体中PO_4^{3-}的含量虽高,但仅仅是修饰作用,并非起主要作用,这可能是造成野生群体鲜甜滋味高于选育群体的原因之一。

表3 野生群体和选育群体肌肉中甜菜碱、无机离子含量及TAV值

Tab.3 Content of betaine, inorganic ions, and TAV in the muscle of wild population and selected population

成分 Composition	阈值 Threshold value	含量/[mg·(100 g^{-1})]Content		TAV	
		野生群体 Wild population	选育群体 Selected population	野生群体 Wild population	选育群体 Selected population
甜菜碱	250	1 328.91 ±24.21*	655.44 ±20.78	5.32	2.62
Cl^-	266	270.67 ±14.57*	152.67 ±13.65	1.02	0.57
PO_4^{3-}	130	516.33 ±102.51*	623.33 ±43.47	3.97	4.79
Na^+	180	182.89 ±10.35*	71.96 ±8.61	1.02	0.40
K^+	130	346.85 ±7.42*	258.05 ±13.44	2.67	1.99
Ca^{2+}	150	259.32 ±1.77	252.79 ±3.60	1.73	1.69
Mg^{2+}		0.72 ±0.02	0.85 ±0.03		

2.4 味精当量的比较分析

野生群体和选育群体的 EUC 值见表 4。野生群体和选育群体的 EUC 值分别为 22.24 g MSG/100 g 和 20.55 g MSG/100 g,野生群体显著高于选育群体($P<0.05$),说明野生群体肌肉中游离氨基酸和呈味核苷酸的协同作用更强,这与野生群体肌肉中天冬氨酸和谷氨酸含量较高有关。此外,2 个群体的 EUC 值均高于中华绒螯蟹的 4.2 g MSG/100 g[40] 和养殖大黄鱼(*Larimichthys crocea*)的 13.43 g MSG/100 g[41],综上,野生群体和选育群体肌肉都呈现出强烈的鲜味,但野生群体鲜味仍要优于选育群体。

表 4 野生群体和选育群体的味精当量

Tab.4 EUC of the wild population and selected populations

EUC 参数 EUC parameters	含量/[mg·(100 g^{-1})] Content	
	野生群体 Wild population	选育群体 Selected population
Asp	30.67 ± 1.15*	4.53 ± 0.55
Glu	123.33 ± 5.77	59.41 ± 7.21
GMP	4.06 ± 0.24	4.84 ± 0.48
IMP	127.99 ± 3.20*	223.79 ± 1.18
AMP	39.56 ± 2.97*	259.21 ± 8.44
EUC	22.24	20.55

3 结论

本研究对中国明对虾野生群体和选育群体肌肉中游离氨基酸、呈味核苷酸、甜菜碱和无机离子等滋味物质进行测定分析,并结合 TAV 值确定不同滋味物质的贡献,通过计算 EUC 值分析游离氨基酸与呈味核苷酸的协同作用。总的来说:野生群体肌肉的整体鲜甜滋味要优于选育群体,而脯氨酸、AMP、IMP 和 PO_4^{3-} 对选育群体滋味贡献更加显著,同时表明选育群体也具有较好的水产滋味品质。本研究结果可为今后选育群体滋味品质提供相关的数据支撑和理论依据,进一步提高中国明对虾的利用价值,促进中国明对虾产业的健康发展。

参考文献:

[1] 闫龙, 赵静, 王燕平, 等. 中国对虾放流和养殖群体肌肉营养成分比较分析[J]. 中国渔业质量与标准, 2021,11(5):17-24.

[2] 盖超伟, 李旭鹏, 曹宝祥, 等. 中国对虾 4 代人工选育群体与 1 个野生群体遗传多样性分析及差异 SNP 位点筛查[J]. 中国水产科学, 2021,28(12):1505-1514.

[3] 冯亚萍, 孔杰, 罗坤, 等. 中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)和凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)对白斑综合征病毒的敏感性比较[J]. 渔业科学进展, 2017, 38(6):78-84.

[4] 何玉英, 李健, 刘萍, 等. 中国对虾"黄海 1 号"与野生群体 F_1 代生长发育规律比较[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2009,39(3):413-420.

[5] Amerine M A. Principles of sensory evaluation of food [M]. Academic Press, New York, 1965:159-176.

[6] 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.

[7] 范武江, 苏明, 李雪松, 等. 日本沼虾淀山湖野生群体和养殖群体肌肉营养成分分析[J]. 水产科技情报, 2019,46(4):181-186.

[8] 高强, 杨国梁, 王军毅, 等. 罗氏沼虾"南太湖 2 号"选育群体肌肉营养品质分析[J]. 水产学报, 2011,35(1):116-123.

[9] 周歧存, 刘东超, 叶富良, 等. 中国对虾营养研究新进展[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2000(S1):59-63.

[10] 陈丽花, 肖作兵, 周培根. 中国对虾的脂肪酸分析及其营养价值评价[J]. 上海海洋大学学报, 2010,19(1):125-129.

[11] 王娟. 中国对虾、南美白对虾和斑节对虾肌肉营养成分的比较[J]. 食品科技, 2013,38(6):146-150.

[12] 张娜, 袁信华, 过世东. 中华绒螯蟹不同部位游离氨基酸的测定与分析[J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(4):634-637.

[13] Liu J K, Zhao S M, Xiong S B, et al. Influence of recooking on volatile and non－volatile compounds found in silver carp hypophthalmichthys molitrix[J]. Fisheries Sci, 2009,75(4):1067－1075.

[14] Focht R L, Schmidt F H, Dowling B B. Sugar beet processing, colorimetric determination of betaine in glutamate process end liquor[J]. J Agr Food Chem, 2002,4(6):546－548.

[15] 陈德慰,苏键,颜栋美,等. 广西北部湾常见水产品中甜菜碱含量测定及呈味效果评价[J]. 现代食品科技, 2011,27(4):468－472.

[16] 邵洋,余达威,杨方,等. 不同等级中华绒螯蟹滋味物质的比较分析[J]. 渔业科学进展, 2021,42(4):192－198.

[17] Yamaguchi S, Yoshikawa T, Ikeda S, et al. Measurement of the relative taste intensity of some L－α－amino acids and 5′－nucleotides[J]. J Food Sci, 1971,36(6):846－849.

[18] Dermiki M, Phanphensophon N, Mottram D S, et al. Contributions of non－volatile and volatile compounds to the umami taste and overall flavor of shiitake mushroom extracts and their application as flavor enhancers in cooked minced meat[J]. Food Chem, 2013,141(1):77－83.

[19] 陈琴,陈晓汉,谢达祥,等. 不同盐度养殖的南美白对虾含肉率及其肌肉营养成分[J]. 海洋科学, 2001(8):16－18.

[20] Zhuang K, Na W, Wang X, et al. Effects of 3 feeding modes on the volatile and nonvolatile compounds in the edible tissues of female chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. J Food Sci, 2016,81(4/6): S968－S981.

[21] Wang Y, Hui T, Zhang Y W, et al. Effects of frying conditions on the formation of heterocyclic amines and trans fatty acids in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*)[J]. Food Chem, 2015,167(1):251－257.

[22] Liu J B, Liu M Y, He C C, et al. Effect of thermal treatment on the flavor generation from maillard reaction of xylose and chicken peptide[J]. LWT － Food Sci Technol, 2015,64(1):316－325.

[23] 杨晋,陶宁萍,王锡昌. 文蛤的营养成分及其对风味的影响[J]. 中国食物与营养, 2007(5):43－45.

[24] Vandendool H, Kratz P D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas－liquid partition chromatography[J]. J Chromatogr A, 1963,11(C):463－471.

[25] Lioe H N., Apriyantono A, Takara K, et al. Umami taste enhancement of MSG/NaCl mixtures by subthreshold L－α－aromatic amino acids[J]. J Food Sci, 2006,70(7): S401－S405.

[26] 王曜,陈舜胜. 野生与养殖克氏原螯虾游离氨基酸的组成及比较研究[J]. 食品科学, 2014,35(11):269－273.

[27] 贠三月,邱伟强,蒋晨毓,等. 凡纳滨对虾虾肉和虾头中风味物质的比较[J]. 水产学报, 2017,41(6):907－918.

[28] Fuke S, Ueda Y. Interactions between umami and other flavor characteristics[J]. Trends Food Sci Tech, 1996,7(12):407－411.

[29] Mohan C O, Ravishankar C N, Gopal T, et al. Nucleotide breakdown products of seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks stored in O2 scavenger packs during chilled storage[J]. Innov Food Sci Emerg, 2009,10(2):272－278.

[30] 姚志勇,万金庆,庞文燕,等. 真空冷诱导对冰温贮藏罗非鱼片鲜度和滋味的影响[J]. 现代食品科技, 2014,30(2):198－203.

[31] Rotzoll N, Dunkel A A, Hofmann T. Quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments on the key taste compounds in morel mushrooms (*Morchella deliciosa Fr.*)[J]. J Agr Food Chem, 2006,54(7):2705－2711.

[32] 李婉君. 南极磷虾与南美白对虾营养与滋味成分比较[D]. 上海:上海海洋大学, 2015.

[33] 石婧,王帅,龚骏,等. 不同育肥方式对中华绒螯蟹雄蟹肌肉呈味物质的影响[J]. 食品工业科技, 2015,36(15):347－351.

[34] 崔艳红,黄现青. 甜菜碱含量测定与工业制备方法研究[J]. 畜禽业, 2002(6):38－40.

[35] 刘燕燕,曾新安,朱思明,等. 甜菜碱的生理功能与药物活性[J]. 现代食品科技, 2008(1):96－100.

[36] 薛长湖,陈修白. 养殖和海捕两类中国对虾尝味成分的分析比较[J]. 青岛海洋大学学报, 1991(3):91－100.

[37] 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(3):463－468.

[38] Zhang N, Ayed C, Wang W, et al. Sensory－guided analysis of key taste－active compounds in pufferfish (*Takifugu obscurus*)[J]. J Agr Food Chem, 2019,67(50):13809－13816.

[39] Tetsuhito, Hayashi, Akihiko, et al. Studies on flavor components in boiled crabs－III Sugars, organic acids, and minerals in the extracts[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1979, 45(10), 1325－1329.

[40] Chen D W, Zhang M. Non－volatile taste active com-

pounds in the meat of chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Food Chem, 2007,104(3):1200－1205.

[41] 翁丽萍，赵芸，陈飞东，等. 养殖大黄鱼滋味成分及其呈味贡献的研究[J]. 食品工业科技，2015,36(3): 82－85.

Comparative analysis for taste substances in wild and selected populations muscle of the *Fenneropenaeus Chinensis*

GUO Jiangang[1,3], HE Yuying[1,2*], WANG Qiong[1,2], ZHENG Li[1,3], LI Jian[1,2]

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Laboratory of Marine Fisheries Sustainable Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Qingdao, Shandong 266071, China; 2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao, Shandong 266071, China; 3. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China.)

Abstract: In order to compare and analyze the taste quality for wild and selected populations muscle of *Fenneropenaeus chinensis*, this study performed the content determination of free amino acids, flavor nucleotides, betaine and inorganic ions in the muscle of these two populations of *Fenneropenaeus chinensis* by high－performance liquid chromatography, amino acid autoanalyzer and ion chromatography. And the taste intensity value (TAV) and the equivalent value of monosodium glutamate (EUC) were used to evaluate the flavor intensity of taste substances. The results showed that the total amount of free amino acids was 4 509 mg/100 g in the wild population, which was significantly higher than that of the selected group with 3 039.24 mg/100 g ($P<0.05$), and only the proline content in the selected group was significantly higher than wild group ($P<0.05$). There were nine kinds and five kinds of amino acids with TAV > 1 in wild population and selected population, respectively, indicating that the composition of free amino acids contributing to taste was more abundant in wild population than in selected population. The total amount of flavor nucleotides as well as the contents of therein 5′－adenosine (AMP) and 5′－inosine acid (IMP) in wild population were significantly lower than that of selected population ($P<0.05$). The TAV of AMP and IMP with 0.79 and 5.12 in wild population were lower than the selected group, indicating that AMP and IMP contributed more to the taste of the selected population. In addition, the contents of betaine, K^+, Ca^{2+}, Na^+, Cl^- and TAV were significantly higher in the wild group than in the selected group, among which only the PO_4^{3-} content was significantly lower than the selected group ($P<0.05$). The EUC of the wild group was 28.46 gMSG/100 g, which was significantly higher than the selected group (15.70 g MSG/100 g) ($P<0.05$). In conclusion, the overall fresh and sweet taste of the wild group muscle was better than the selected group, while proline, AMP, IMP and PO_4^{3-} contributed more significantly to the taste of the selected group, indicating that the selected population also possessed good aquatic taste quality. [Chinese Fishery Quality and Standards, 2022, 12(3): 09－16]

Key words: muscle; free amino acids; flavor nucleotide; betaine; inorganic ions; taste

Corresponding author: HE Yuying, E－mail: heyy@ysfri.ac.cn

(责任编辑:徐锦华)