

野生及养殖哈氏仿对虾肌肉营养成分的分析与比较

施永海*, 张根玉, 刘永士, 陆根海, 严银龙, 谢永德, 徐嘉波, 刘建忠
(上海市水产研究所,上海市水产技术推广站,上海 200433)

摘要: 为了解哈氏仿对虾肌肉的营养特征,采用生化分析手段对野生及养殖哈氏仿对虾肌肉进行营养成分分析并对营养品质进行分析与比较。结果显示,野生群体肌肉中水分和粗蛋白含量(分别为 79.42% 和 17.94%)与养殖群体(分别为 79.28% 和 17.95%)没有显著差异;野生群体的粗脂肪含量(0.89%)显著低于养殖群体(1.12%),而粗灰分含量(1.44%)显著高于养殖群体(1.31%)。在 18 种检测出的氨基酸中,有 9 种氨基酸的含量,野生群体比养殖群体显著低,另外 9 种在两群体间没有差异。野生群体的氨基酸总量(TAA)、必需氨基酸(EAA)、非必需氨基酸(NEAA)、鲜味氨基酸(DAA)、虾味氨基酸(SAA)含量(分别为 83.42%、29.69%、43.59%、32.54% 和 21.11%)均比养殖群体(分别为 88.08%、30.53%、47.39%、34.47% 和 21.72%)显著低;野生群体的必需氨基酸指数(EAAI)和支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值(F 值)(分别为 66.41 和 2.07)也明显低于养殖群体(分别为 69.10 和 2.12)。野生群体的饱和脂肪酸(Σ SFA)和多不饱和脂肪酸(Σ PUFA)(分别为 41.95% 和 39.51%)相对百分含量比养殖群体(分别为 39.60% 和 36.64%)均明显高,而野生群体的单不饱和脂肪酸 Σ MUFA(18.54%)相对百分含量比养殖群体(23.76%)明显低;野生群体肌肉中油脂的 EPA + DHA 相对百分含量(28.23%)比养殖群体(25.66%)明显高,但在野生和养殖群体间肌肉中的 EPA + DHA 绝对含量没有明显差异。研究表明,哈氏仿对虾肌肉营养价值较高、肉味鲜美,人工养殖没有造成其肌肉脂肪的大量富集和脂肪酸组成及含量的急剧变化,相反使该虾的蛋白质营养价值更高。

关键词: 哈氏仿对虾; 肌肉; 营养成分; 氨基酸; 脂肪酸

中图分类号: S 963

文献标志码: A

哈氏仿对虾(*Parapenaeopsis hardwickii*)俗称条虾、滑皮虾、呛虾,属十足目(Decapoda),仿对虾属,为近海岸暖水性虾类,分布于印度、马来西亚、新加坡、日本和我国的黄海南部以南海域^[1-2],生长在水深 5 ~ 90 m 范围内的近岸海底^[1],尤其是水深 20 ~ 60 m 范围内^[2]。哈氏仿对虾肉质鲜嫩,可供鲜食,也可制成海米,深受市民喜爱。同时该虾又是江浙沿海一带渔民拖虾生产的主要品种,是近海主要经济虾类之一^[3]。哈氏仿对虾生长快、繁殖期长、适应性强、种群数量大、经济价值高^[2,4],是一种潜在的海水养殖及增

殖品种。

目前,国内外有关哈氏仿对虾的研究还处在起步阶段,研究内容主要包括渔业资源^[2-3,5]和生物学^[1]调查、人工繁殖^[4,6]以及与繁殖有关的基础研究^[7],有关该虾肌肉营养成分的研究很少,仅黄美珍等^[8]分析了台湾海峡南部哈氏仿对虾的碳氮氢含量。本实验采用生化分析手段,对野生及养殖哈氏仿对虾肌肉进行营养成分分析、品质评价与比较,旨在全面了解哈氏仿对虾的营养特征,为人工养殖哈氏仿对虾提供理论依据。

收稿日期:2012-09-29 修回日期:2013-01-31

资助项目:上海市科技兴农重点攻关项目[沪农科攻字(2010)第 14 号]

通信作者:施永海,E-mail:yonghais@163.com

1 材料与方 法

1.1 实验材料

野生哈氏仿对虾是于 2011 年 8 月在浙江省台州市三门县健跳镇近海(28°50' ~ 28°51'N, 121°46' ~ 121°47'E;自然海区盐度 23 ~ 26,水温 27 ~ 29 °C)用海地笼捕捞的活成虾,规格为体长 60.0 ~ 80.0 mm、体质量 2.5 ~ 7.0 g;养殖哈氏仿对虾采集于上海市水产研究所坐落在杭州湾北部沿岸的苗种技术中心基地。经过活水车运输,暂养于水泥池,水泥池面积 20 ~ 30 m²,池深 1.2 ~ 1.5 m,水位 50 ~ 60 cm,池底一半的面积铺上 10 cm 黄沙,以供虾埋沙栖息,水泥池上口覆盖双层 90% 遮光率的遮荫膜,放养密度为 8 ~ 15 尾/m²,自然水温,每天投喂 2 次,每天投饵总量为虾重的 5% ~ 8%,饵料主要是新鲜的脊尾白虾虾段,每 5 ~ 7 天换水 2/3,每 2 ~ 3 周清底、倒池 1 次,用水为自然海水(盐度为 8 ~ 10)和浓缩海水配制成的海水(盐度为 24 ~ 26),养殖 2 个月后生长到成体进行采样,驯养及养殖期间总成活率为 30% ~ 40%,规格为体长 65.0 ~ 80.0 mm、体质量 3.0 ~ 7.0 g。

1.2 取样方法

野生和养殖的虾各取 5 个样本,每个样本一般由 15 ~ 20 尾虾的肌肉组成,用清水将实验虾洗净,擦干体表水分,剪去虾头,剥掉虾壳,尽量取出每尾虾的大部分肌肉,整个操作在冰浴条件下进行,样品制备后置于 -20 °C 冰箱保存待测。测量时,将样品真空冷冻干燥至恒重,然后碾磨、混匀,再将样品分为两份,一份用于一般营养成分测定,另一份用于氨基酸和脂肪酸组成的测定。

1.3 测量方法

按照质量法测定水分含量^[9];按照 GB/T 5009.4 - 2003 550 °C 灼烧法测定粗灰分的含量;按照 GB/T 6432 - 1994 凯氏定氮法测定粗蛋白含量;按照氯仿甲醇法测定粗脂肪的含量;先按 GB/T 15399 - 1994 氧化酸解法前处理样品,然后按 GB/T 18246 - 1994 的方法使用 Biochrom 30 型氨基酸自动分析仪测定胱氨酸含量;采用 GB/T 18246 - 2000 碱水解法前处理,反相高效液相色谱法测定色氨酸含量;按 GB/T 5009.124 - 2003 盐酸水解法前处理,使用 Biochrom 30 型氨

基酸自动分析仪测定除胱氨酸和色氨酸外的 16 种氨基酸含量;按氯仿甲醇法提取粗脂肪,脂肪的皂化和衍生见国标(GB/T 22223 - 2008)食品中总脂肪、饱和脂肪(酸)、不饱和脂肪(酸)的测定,以脂肪酸甲酯做标准定性,以色谱峰峰面积归一法计算出各脂肪酸相对含量,仪器为 Agilent 6890 型气相色谱仪。

1.4 营养品质评价方法

依据 WHO/FAO1973 建议的必需氨基酸评分标准模式(% , dry)^[10]和全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸模式(% , dry)^[11]分别计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)^[12],公式如下:

$$AAS = \text{样品某氨基酸含量}(\%, \text{dry}) / [\text{FAO/WHO 标准模式中同种氨基酸含量}(\%, \text{dry})]^{[10]}$$

$$CS = \text{样品某氨基酸含量}(\%, \text{dry}) / [\text{全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量}(\%, \text{dry})]^{[11]}$$

$$EAAI = [(100A/AE) \times (100B/BE) \times (100C/CE) \times \dots \times (100H/HE)]^{1/n}$$

式中, n 为比较的必需氨基酸个数,A,B,C,...,H为样品中各必需氨基酸含量(% , dry),AE, BE, CE, ..., HE 为全鸡蛋蛋白质相对应的必需氨基酸含量(% , dry)^[12]。

F 值是支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值:

$$F \text{ 值} = (\text{缬氨酸} + \text{亮氨酸} + \text{异亮氨酸}) / (\text{苯丙氨酸} + \text{酪氨酸})^{[13]}$$

1.5 数据处理和统计

所有数据用 mean ± SD 表示,用 SPSS 13.0 处理,用独立样本 t -检验(independent samples t test)进行两种处理(野生和养殖)之间的比较,以 $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 一般营养成分

野生和养殖哈氏仿对虾肌肉中水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量分别为 79.42% 和 79.28%、17.94% 和 17.95%、0.89% 和 1.12%、1.44% 和 1.31% (表 1)。统计分析显示,野生和养殖群体的肌肉中水分、粗蛋白含量没有明显差异($P > 0.05$);野生群体的肌肉中粗脂肪含量明显低于养殖群体($P < 0.05$),而粗灰分含量明显高于养殖群体($P < 0.05$) (表 1)。

表 1 野生和养殖哈氏仿对虾肌肉一般营养成分 ($n=5$, 鲜重基础)Tab.1 Common nutrient composition in muscle of wild and cultured sword prawn *P. hardwickii* ($n=5$, fresh weight basis)

群体 population	水分 moisture	粗蛋白 crude protein	粗脂肪 crude lipid	粗灰分 crude ash
野生 wild	79.42 ± 0.44 ^a	17.94 ± 0.35 ^a	0.89 ± 0.06 ^a	1.44 ± 0.06 ^a
养殖 cultured	79.28 ± 0.26 ^a	17.95 ± 0.28 ^a	1.12 ± 0.07 ^b	1.31 ± 0.02 ^b

注:同列中具不同小写字母的值表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Notes: Mean values within a column followed by different letters were significantly different ($P < 0.05$).

2.2 氨基酸组成

18 种常见氨基酸均在野生及养殖哈氏仿对虾肌肉中被检出,而且含量最高的 4 种氨基酸分别为谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸和赖氨酸(表 2)。比较野生和养殖群体 18 种单个氨基酸含量差异,有 9 种氨基酸的含量,野生群体的明显低于 ($P < 0.05$) 养殖群体的,另外 9 种氨基酸,两群体间没有明显差异 ($P > 0.05$) (表 2),其中 8 种必需氨基酸中,有 4 种氨基酸(苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸)的含量,野生群体比养殖群体明显低 ($P < 0.05$),其它 4 种(蛋氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、色氨酸),野生的与养殖的没有明显差异 ($P > 0.05$); 2 种半必需氨基酸(组氨酸和精氨酸)的含量,两群体间没有明显差异 ($P > 0.05$); 在 4 种鲜味氨基酸中,只有甘氨酸的含量,野生群体和养殖群体没有明显差异 ($P > 0.05$),其它 3 种(天冬氨

酸、谷氨酸、丙氨酸)的含量,野生群体均比养殖群体明显低 ($P < 0.05$) (表 2)。

野生和养殖哈氏仿对虾肌肉的氨基酸总量占肌肉鲜重分别为 17.17% 和 18.25%、占肌肉干重分别为 83.42% 和 88.08%,两群体之间均存在明显差异 ($P < 0.05$) (表 2); 野生群体的必需氨基酸和非必需氨基酸总量(分别为 29.69% 和 43.59%) 均比养殖群体的(分别为 30.53% 和 47.39%) 明显低 ($P < 0.05$); 野生群体的鲜味氨基酸和虾味氨基酸总量(分别为 32.54% 和 21.11%) 均比养殖群体的(分别为 34.47% 和 21.72%) 明显低 ($P < 0.05$); 野生群体的必需氨基酸和氨基酸总量比率(EAA/TAA)与必需氨基酸和非必需氨基酸比率(EAA/NEAA)(分别为 35.58% 和 68.10%) 均明显高于养殖群体(分别为 34.66% 和 64.44%) ($P < 0.05$) (表 2)。

表 2 野生和养殖哈氏仿对虾肌肉氨基酸组成及含量 ($n=5$, 干重基础)Tab.2 Amino acid composition and content in muscle of wild and cultured sword prawn *P. hardwickii* ($n=5$, dry weight basis)

氨基酸 amino acid	野生 wild	养殖 cultured	氨基酸 amino acid	野生 wild	养殖 cultured
天冬氨酸 Asp [△]	8.53 ± 0.14 ^a	9.12 ± 0.39 ^b	赖氨酸 Lys [*]	7.38 ± 0.15 ^a	7.34 ± 0.12 ^a
苏氨酸 Thr [*]	3.17 ± 0.05 ^a	3.32 ± 0.03 ^b	精氨酸 Arg ^{**▲}	8.06 ± 0.16 ^a	8.03 ± 0.14 ^a
丝氨酸 Ser	3.14 ± 0.05 ^a	3.14 ± 0.03 ^a	脯氨酸 Pro	2.68 ± 0.06 ^a	4.12 ± 0.38 ^b
谷氨酸 Glu [△]	13.26 ± 0.23 ^a	14.34 ± 0.21 ^b	色氨酸 Trp [*]	0.75 ± 0.16 ^a	0.75 ± 0.14 ^a
甘氨酸 Gly ^{△▲}	6.05 ± 0.13 ^a	6.01 ± 0.21 ^a	胱氨酸 Cys [▲]	2.30 ± 0.18 ^a	2.68 ± 0.25 ^b
丙氨酸 Ala ^{△▲}	4.70 ± 0.09 ^a	5.00 ± 0.11 ^b	氨基酸总量 TAA	83.42 ± 1.23 ^a	88.08 ± 0.96 ^b
缬氨酸 Val [*]	3.53 ± 0.13 ^a	3.75 ± 0.08 ^b	必需氨基酸 EAA	29.69 ± 0.57 ^a	30.53 ± 0.27 ^b
蛋氨酸 Met [*]	1.39 ± 0.20 ^a	1.52 ± 0.24 ^a	半必需氨基酸 HEAA	10.15 ± 0.20 ^a	10.17 ± 0.16 ^a
异亮氨酸 Ile [*]	3.40 ± 0.10 ^a	3.52 ± 0.04 ^b	非必需氨基酸 NEAA	43.59 ± 0.51 ^a	47.39 ± 0.61 ^b
亮氨酸 Leu [*]	6.51 ± 0.06 ^a	6.72 ± 0.12 ^b	鲜味氨基酸 DAA	32.54 ± 0.51 ^a	34.47 ± 0.52 ^b
酪氨酸 Tyr	2.93 ± 0.06 ^a	2.99 ± 0.04 ^a	虾味氨基酸 SAA	21.11 ± 0.24 ^a	21.72 ± 0.46 ^b
苯丙氨酸 Phe [*]	3.56 ± 0.05 ^a	3.62 ± 0.07 ^a	EAA/TAA	35.58 ± 0.25 ^a	34.66 ± 0.15 ^b
组氨酸 His ^{**}	2.09 ± 0.05 ^a	2.14 ± 0.04 ^a	EAA/NEAA	68.10 ± 0.82 ^a	64.44 ± 0.51 ^b

注:TAA 为氨基酸总量,EAA 为必需氨基酸总和,HEAA 为半必需氨基酸总和,NEAA 为非必需氨基酸总和,DAA 为鲜味氨基酸总和,SAA 为虾味氨基酸^[14];△为鲜味氨基酸,▲为虾味氨基酸,*为必需氨基酸,**为半必需氨基酸;同行中具不同小写字母的值表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Notes:TAA is total amino acids,EAA is total essential amino acids,HEAA is total half-essential amino acids,NEAA is total non-essential amino acids,DAA is total delicious amino acids,SAA is total shrimp flavor amino acids;△is delicious amino acid,▲is shrimp flavor amino acid,* is essential amino acid,** is half-essential amino acid;Mean values within a line followed by different letters were significantly different ($P < 0.05$).

2.3 营养品质评价

根据 AAS,野生和养殖群体的第一限制性氨基酸均为缬氨酸,第二限制性氨基酸均为色氨酸;而根据 CS,野生和养殖群体的第一限制性氨基酸均为色氨酸,第二限制性氨基酸均为缬氨酸(表 3)。野生和养殖群体的必需氨基酸指数(EAAI)分别为 66.41 和 69.10(表 3),养殖群体的蛋白质品质优于野生群体。野生和养殖群体的 F 值非常接

近,分别为 2.07 和 2.12(表 3)。

2.4 脂肪酸组成

实验检测了 C6~C24 的 37 种脂肪酸,结果显示,哈氏仿对虾野生群体的肌肉中有 16 种脂肪酸,分别为 5 种饱和脂肪酸(SFA)、4 种单不饱和脂肪酸(MUFA)和 7 种多不饱和脂肪酸(PUFA),而养殖群体肌肉中除了有以上 16 种脂肪酸,还多 1 种单不饱和脂肪酸(C22:1n9)(表 4)。

表 3 野生和养殖哈氏仿对虾肌肉必需氨基酸评价
Tab.3 Evaluation of essential amino acids composition in muscle of wild and cultured sword prawn *P. hardwickii*

必需氨基酸 EAA	野生 wild	养殖 cultured	FAO 评分模式 ^[10] FAO evaluation mode	鸡蛋蛋白 ^[11] egg protein	mg/g			
					野生 wild		养殖 cultured	
					AAS	CS	AAS	CS
异亮氨酸 Ile	2.12	2.20	2.50	3.31	0.85	0.64	0.88	0.67
亮氨酸 Leu	4.07	4.20	4.40	5.34	0.92	0.76	0.95	0.79
赖氨酸 Lys	4.61	4.59	3.40	4.41	1.36	1.05	1.35	1.04
苏氨酸 Thr	1.98	2.07	2.50	2.92	0.79	0.68	0.83	0.71
缬氨酸 Val	2.21	2.34	3.10	4.10	0.71 ¹	0.54 ²	0.76 ¹	0.57 ²
色氨酸 Trp	0.47	0.47	0.60	0.99	0.78 ²	0.47 ¹	0.78 ²	0.47 ¹
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	2.31	2.62	2.20	3.86	1.05	0.60	1.19	0.68
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	4.06	4.13	3.80	5.65	1.07	0.72	1.09	0.73
必需氨基酸指数 EAAI	66.41	69.10						
F 值	2.07	2.12						

注:1.表示第一限制性氨基酸;2.表示第二限制性氨基酸。AAS 表示氨基酸评分,CS 表示化学评分,EAAI 表示必需氨基酸指数, F 值表示支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值。

Notes:1 is the first limited amino acid;2 is the second limited amino acid. AAS is amino acid score,CS is chemical score,EAAI is essential amino acid index, F value is the ratio of branched chain amino acid to aromatic amino acid.

表 4 野生和养殖哈氏仿对虾肌肉脂肪酸组成及含量($n=5$)
Tab.4 Fatty acid composition and content in muscle of wild and cultured sword prawn *P. hardwickii* ($n=5$)

脂肪酸 fatty acid	野生 wild	养殖 cultured	脂肪酸 fatty acid	%	
				野生 wild	养殖 cultured
C14:0	0.90 ± 0.21 ^a	0.63 ± 0.03 ^b	C20:4n6	7.39 ± 0.56 ^a	5.33 ± 0.14 ^b
C15:0	4.67 ± 0.14 ^a	2.95 ± 0.06 ^b	C20:5n3(EPA)	10.68 ± 0.47 ^a	11.81 ± 0.33 ^b
C16:0	19.98 ± 0.82 ^a	20.33 ± 0.27 ^a	C22:5n3(DPA)	1.00 ± 0.06 ^a	0.63 ± 0.04 ^b
C17:0	2.41 ± 0.16 ^a	1.42 ± 0.03 ^b	C22:6n3(DHA)	17.55 ± 0.51 ^a	13.84 ± 0.28 ^b
C18:0	13.98 ± 0.55 ^a	14.27 ± 0.23 ^a	∑SFA	41.95 ± 0.34 ^a	39.60 ± 0.39 ^b
C16:1	3.95 ± 0.43 ^a	3.17 ± 0.13 ^b	∑MUFA	18.54 ± 1.12 ^a	23.76 ± 0.35 ^b
C18:1n9c	13.52 ± 0.62 ^a	18.89 ± 0.40 ^b	∑PUFA	39.51 ± 1.32 ^a	36.64 ± 0.45 ^b
C20:1n9	0.60 ± 0.06 ^a	0.77 ± 0.05 ^b	EPA+DHA	28.23 ± 0.97 ^a	25.66 ± 0.53 ^b
C22:1n9	-	0.20 ± 0.18	∑n3PUFA	29.84 ± 0.88 ^a	27.07 ± 0.53 ^b
C24:1n9	0.47 ± 0.03 ^a	0.73 ± 0.04 ^b	∑n6PUFA	9.01 ± 0.46 ^a	8.81 ± 0.08 ^a
C18:2n6c	1.62 ± 0.27 ^a	3.47 ± 0.17 ^b	∑SFA/∑UFA	0.72 ± 0.01 ^a	0.66 ± 0.01 ^b
C20:2	0.66 ± 0.01 ^a	0.76 ± 0.05 ^b	∑n3PUFA/∑n6PUFA	3.31 ± 0.07 ^a	3.08 ± 0.08 ^b
C18:3n3	0.62 ± 0.12 ^a	0.79 ± 0.01 ^b			

注:SFA 为饱和脂肪酸,MUFA 为单不饱和脂肪酸,PUFA 为多不饱和脂肪酸,UFA 为不饱和脂肪酸;同行中具不同小写字母的值表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes:SFA is saturated fatty acids,MUFA is mono-unsaturated fatty acids,PUFA is poly-unsaturated fatty acids,UFA is unsaturated fatty acids; Mean values within a line followed by different letters were significantly different($P < 0.05$).

比较肌肉油脂中各脂肪酸的相对百分含量,除了2种饱和脂肪酸的含量(C16:0和C18:0)在野生和养殖群体肌肉间没有明显差异外($P > 0.05$),其它的脂肪酸含量均有明显差异($P < 0.05$)(表4)。比较其脂肪酸的组成,野生群体的 Σ SFA和 Σ PUFA(41.95%和39.51%)比养殖群体的(39.60%和36.64%)均明显高($P < 0.05$),而野生群体的 Σ MUFA(18.54%)比养殖群体的(23.76%)明显低($P < 0.05$);野生和养殖群体的 Σ SFA均比 Σ UFA明显高,比值分别为0.72和0.66,野生和养殖群体间的 Σ SFA/ Σ UFA比值还是有显著差异的($P < 0.05$)(表4)。野生群体的EPA + DHA总量(28.23%)比养殖群体的(25.66%)明显高($P < 0.05$);野生群体的 Σ n3PUFA(29.845%)比养殖群体的(27.07%)明显高($P < 0.05$),而野生群体的 Σ n6PUFA(9.01%)和养殖群体的(8.81%)没有明显差异($P > 0.05$);野生和养殖群体的 Σ n3PUFA均比 Σ n6PUFA明显高,比值分别为3.31和3.08,野生和养殖群体间的 Σ n3PUFA/ Σ n6PUFA比值有显著差异($P < 0.05$)(表4)。

3 讨论

3.1 野生及养殖哈氏仿对虾肌肉的营养特征

从肌肉一般营养成分以及与其它虾类的比较来看,野生及养殖哈氏仿对虾肌肉中水分含量(分别为79.42%和79.28%)与养殖凡纳滨白对虾(*Penaeus stylirostris*)(79.29%)^[15]、红

螯螯虾(*Cherax quadricarinatus*)(79.92%)^[16]十分接近,高于其它一些虾类(表5);粗蛋白含量与野生日本对虾(*Penaeus japonicas*)^[17]、野生克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)^[18]和野生秀丽白虾(*Exopalaemon modestus*)^[19]接近,高于野生安氏白虾(*Exopalaemon annandalei*)^[12]、野生日本沼虾(*Macrobrachium nipponensis*)^[12]、养殖罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)^[20]和红螯螯虾^[16],低于养殖南美蓝对虾(*Penaeus stylirostris*)和凡纳滨对虾^[15](表5);粗脂肪含量高于养殖南美蓝对虾、凡纳滨对虾^[15]和红螯螯虾^[16],低于野生日本对虾^[17]、野生克氏原螯虾^[18]、野生秀丽白虾^[19]、野生安氏白虾^[12]、野生日本沼虾^[12]和养殖罗氏沼虾^[20](表5);粗灰分低于野生日本对虾^[17]、野生安氏白虾^[12]和野生日本沼虾^[12],与其它一些经济虾类相接近(表5)。粗蛋白和粗脂肪含量的高低是衡量肌肉营养价值高低的重要指标,哈氏仿对虾肌肉的粗蛋白含量较高、粗脂肪含量适中,因此,认为哈氏仿对虾是一种营养价值较高的优质虾类。

动物蛋白质的鲜美可口与否在一定程度上取决于其鲜味氨基酸的组成和含量^[13],野生及养殖哈氏仿对虾肌肉鲜味氨基酸总量(32.54%和34.47%)明显高于南美蓝对虾(31.30%)^[15]、凡纳滨对虾(30.73%)^[15]、安氏白虾(24.05%)^[12]和日本沼虾(24.04%)^[12],与克氏原螯虾(33.68%)^[18]、罗氏沼虾(33.12%~34.44%)^[20]比较接近,但低于日本对虾(35.71%)^[17]。鲜味

表5 哈氏仿对虾与其它几种虾类的肌肉一般营养成分比较(鲜重基础)

Tab.5 Comparison of nutrient composition in muscle between the sword prawn *P. hardwickii* and some other shrimps (fresh weight basis)

种类 species	水分 moisture	粗蛋白 crude protein	粗脂肪 crude fat	粗灰分 crude ash	%
野生哈氏仿对虾 wild <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	79.42	17.94	0.89	1.44	
养殖哈氏仿对虾 cultured <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	79.28	17.95	1.12	1.31	
野生安氏白虾 wild <i>Exopalaemon annandalei</i> ^[12]	76.43	15.99	2.68	3.64	
野生日本沼虾 wild <i>Macrobrachium nipponensis</i> ^[12]	77.00	15.18	2.04	3.80	
养殖南美蓝对虾 cultured <i>Penaeus stylirostris</i> ^[15]	78.50	19.65	0.21	1.13	
养殖凡纳滨对虾 cultured <i>Penaeus vannamei</i> ^[15]	79.29	19.08	0.29	1.22	
红螯螯虾 <i>Cherax quadricarinatus</i> ^[16]	79.92	17.49	0.42	1.28	
野生日本对虾 wild <i>Penaeus japonicas</i> ^[17]	77.16	17.74	2.08	1.79	
野生克氏原螯虾 wild <i>Procambarus clarkii</i> ^[18]	78.42	17.03	1.69	1.21	
野生秀丽白虾 wild <i>Exopalaemon modestus</i> ^[19]	78.76	17.60	1.43	1.10	
养殖罗氏沼虾 cultured <i>Macrobrachium rosenbergii</i> ^[20]	77.06 ~ 77.27	15.88 ~ 17.57	1.24 ~ 2.04	0.90 ~ 1.14	

氨基酸中谷氨酸和天门冬氨酸是呈鲜味的特征性氨基酸,而甘氨酸和丙氨酸是呈甘味的特征性氨基酸^[13],野生及养殖哈氏仿对虾肌肉中谷氨酸和天门冬氨酸的含量在所有氨基酸组成中分别排第1、第2,说明哈氏仿对虾鲜美可口。在鲜味氨基酸中,谷氨酸的鲜味最强^[13],另外,谷氨酸是脑组织生化代谢过程中的重要氨基酸,它参与多种生理活性物质的合成^[21],野生及养殖哈氏仿对虾肌肉中谷氨酸的含量(分别为13.26%和14.34%)明显高于日本对虾(12.60%)^[17]、安氏白虾(9.35%)^[12]、日本沼虾(8.77%)^[12]和罗氏沼虾(9.17%~9.59%)^[20]、接近于南美蓝对虾(13.56%)^[15]、凡纳滨对虾(14.04%)^[15]和克氏原螯虾(14.98%)^[18]。

精氨酸是人体的半必需氨基酸,不仅可以促进伤口愈合,而且还是人类幼年生长所必需的氨基酸^[22]。野生及养殖哈氏仿对虾肌肉中精氨酸含量较高(分别为8.06%和8.03%),含量仅次于谷氨酸和天门冬氨酸。明显高于安氏白虾(5.15%)^[12]、日本沼虾(4.55%)^[12]、日本对虾(6.76%)^[17]和罗氏沼虾(7.48%~7.95%)^[20],低于南美蓝对虾(9.06%)^[15]、凡纳滨对虾(8.92%)^[15]和克氏原螯虾(9.65%)^[18]。

赖氨酸是人乳中第一限制性氨基酸^[21],野生及养殖哈氏仿对虾肌肉中赖氨酸含量在必需氨基酸中含量最高(分别为7.38%和7.34%),同时也明显高于南美蓝对虾(5.92%)^[15]、凡纳滨对虾(6.64%)^[15]、日本对虾(4.57%)^[17]、克氏原螯虾(6.89%)^[18]和罗氏沼虾(6.64%~7.09%)^[20],非常接近安氏白虾(7.63%)^[12]和日本沼虾(7.43%)^[12]。因此,哈氏仿对虾肌肉还是一种良好的催乳食物。另外,对于以谷物为主食的人们(特别是江南地区市民)来说,赖氨酸可以弥补谷物中其含量的不足、提高人体对蛋白质的利用率^[22]。

蛋白质的营养价值高低取决于其氨基酸组成及含量,含有人体所需氨基酸种类多、含量高的蛋白质营养价值相对较高^[22],而必需氨基酸的组成及含量决定着蛋白质营养价值^[15,17]。野生及养殖哈氏仿对虾肌肉中必需氨基酸总量占氨基酸总量的比例(EAA/TAA)分别为35.58%和34.66%,必需氨基酸比非必需氨基酸(EAA/NEAA)分别为68.10%和64.44%,虽然哈氏仿

对虾的EAA/TAA低于FAO/WHO模式中高质量蛋白质对EAA/TAA的要求(40%左右),但符合对EAA/NEAA的要求(60%以上)^[21]。同时,哈氏仿对虾的EAA/TAA和EAA/NEAA明显高于日本对虾(分别为32.9%和60.96%)^[17],接近于南美蓝对虾(分别为36.26%和71.34%)^[15]、凡纳滨对虾(分别为36.19%和71.78%)^[15]。

野生及养殖哈氏仿对虾必需氨基酸的AAS评分值中,除了赖氨酸(分别为1.36和1.35)、蛋氨酸+胱氨酸(分别为1.05和1.19)、苯丙氨酸+酪氨酸(分别为1.07和1.09)大于1以外,其余的值均小于1,范围为0.7~1.0;而CS评分值,除了赖氨酸(分别为1.05和1.04)高于1以外,其余的值在0.47~0.79。必需氨基酸指数(EAAI)是评价食品营养价值的常用指标之一^[17]。野生及养殖哈氏仿对虾EAAI分别为66.41和69.10,高于凡纳滨对虾(62.42)^[15]、安氏白虾(52.77)^[12]、秀丽白虾(55.91~59.05)^[19]和日本沼虾(52.67~53.98)^[12,19],低于南美蓝对虾(69.88)^[15]和日本对虾(70.72)^[17],接近于罗氏沼虾(65.67~68.06)^[20],表明哈氏仿对虾必需氨基酸的满足率较高,也再次证明了该虾是一种营养价值较高的虾类。

支链氨基酸有降低胆固醇、抑制癌细胞、保护肝脏等功能,人类及其他哺乳动物的正常F值范围为3.0~3.5,当肝脏受到损伤时,其值范围降为1.0~1.5^[15]。野生及养殖哈氏仿对虾的F值分别为2.07和2.12,明显高于人体肝脏受伤时的水平,因此,对患肝病的病人来说,哈氏仿对虾有良好的保健功能。

高含量的多不饱和脂肪酸(PUFA)能增加食物加热时产生的香味,同时PUFA还具有明显的降血脂、降血压、抗肿瘤等功能,能明显降低心血管疾病的发生率^[17]。野生及养殖哈氏仿对虾PUFA占脂肪酸的百分数分别为39.51%和36.64%,高于南美蓝对虾(35.35%)^[15]、安氏白虾(34.69%)^[12]、日本沼虾(30.49%)^[12]和日本对虾(27.36%)^[17],接近于凡纳滨对虾(38.07%)^[15],低于罗氏沼虾(44.97%~53.06%)^[20]。PUFA中的EPA和DHA已被誉为人类和动物生长发育所必需的脂肪酸^[21],野生及养殖哈氏仿对虾肌肉中EPA+DHA总百分含量分别为28.23%和25.66%,高于大多数虾类:

南美蓝对虾(20.91%)^[15]、凡纳滨对虾(20.60%)^[15]、日本对虾(12.62%)^[17]、日本沼虾(14.89%)^[12]、接近于罗氏沼虾(16.97%~27.54%)^[20]和安氏白虾(28.32%)^[12]。可见哈氏仿对虾肌肉中具有比较丰富的PUFA,特别是EPA和DHA的含量非常高,再次表明其具有较高的食用价值与保健作用。

3.2 野生和养殖哈氏仿对虾营养成分的差异

在自然环境和养殖环境下生长的水产动物,两者间肌肉营养成分会有一定差异^[13,23-25]。本研究中养殖的与野生的哈氏仿对虾肌肉粗脂肪和粗灰分含量有明显差异,经过2个月的人工养殖,哈氏仿对虾肌肉有少量的脂肪富集积累现象(粗脂肪含量高出生野生群体25.84%),这与生活环境和所摄食的饲料有关:野生群体生活空间广阔、食谱广、能捕食的种类繁多,同时活跃的捕食活动增加了其能量消耗,特别是脂类的消耗,导致肌肉中脂肪含量低;而养殖哈氏仿对虾在室内水泥池的人工养殖条件下,饲料单一、活动空间狭小,容易导致脂肪的积累,但没有出现像象养殖大黄鱼(*Larimichthys crocea*)^[26]那样脂肪大量富集现象。本研究结果与半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)^[27]、花鲢(*Hemibarbus maculatus*)^[28]和日本沼虾^[29]从野生自然环境到人工养殖环境后的情况相似。另外,由于水产动物油脂中含有PUFA较高,所以肌肉中油脂水平在一定范围内较高是有益的,养殖哈氏仿对虾肌肉粗脂肪含量由0.89%提高到1.12%,某种程度上说人工养殖提高了哈氏仿对虾肌肉的品质。

从氨基酸组成和含量上来看,在18种单个氨基酸中,有9种氨基酸的含量,哈氏仿对虾养殖群体比野生群体明显高,另外9种,两者没有差异。养殖群体的肌肉的氨基酸总量(TAA)、必需氨基酸(EAA)、非必需氨基酸(NEAA)、鲜味氨基酸(DAA)、虾味氨基酸(SAA)含量均比野生群体的明显高;此外,养殖群体肌肉的EAAI和F值(分别为69.10和2.12)也明显高于野生群体的(分别为66.41和2.07),说明养殖群体肌肉的蛋白质品质明显优于野生群体。在自然环境下,哈氏仿对虾有时会因为饵料匮乏、觅食不到足够的食物,而经常处于半饥饿状态,这在其他研究中也得到印证,哈氏仿对虾从海区捕捞运输到繁育基地后,前几天的摄食量非常大,有时能达到10%,但养

殖7~10d后其摄食量明显下降,说明该虾在自然海区可能处于半饥饿状态。本实验的人工养殖条件,主要以营养价值较高且单一的新鲜脊尾白虾为饵料,同时进行饱食投饵,即投饵量以第2次投喂时稍有残饵为准,这可能是养殖哈氏仿对虾肌肉的氨基酸组成及含量优于野生群体的原因。这与长江刀鲚(*Coilia nasus*)^[13]和鸭绿江斑鳅(*Siniperca scherzeri*)^[30]从野生环境到养殖中投喂鲜活饵料后的肌肉蛋白质品质有所提高的研究结果相似。

水产动物的野生群体肌肉油脂中多不饱和脂肪酸(PUFA)(特别是EPA和DHA)的相对百分含量往往比养殖群体的高,如半滑舌鳎^[27]、花鲢^[28]、鸭绿江斑鳅^[30]、东方对虾(*Penaeus orientalis*)^[31]和胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)^[32],造成差异的原因主要与它们生活环境、摄食背景、生长率及食物的脂质组成不同相关^[28,31]。哈氏仿对虾野生群体生活在海洋自然环境中,主要以摄食海洋中底栖虾类、小型甲壳类和其它无脊椎动物幼体及硅藻等,饵料种类繁多,而人工养殖该虾所喂养的饵料单一,主要是脊尾白虾。这造成野生群体肌肉中油脂的 Σ PUFA和EPA+DHA的相对百分含量也比养殖群体的高(分别高出7.83%和10.01%),但由于养殖群体肌肉有一定的脂肪富集现象(粗脂肪含量高出生野生群体25.84%),所以肌肉中的 Σ PUFA和EPA+DHA绝对含量在野生和养殖群体间没有明显差异。同时,养殖群体的 Σ MUFA和 Σ UFA的相对百分含量反而比野生群体分别高出28.15%和4.08%。因此,哈氏仿对虾经过人工养殖以后肌肉中油脂的脂肪酸组成及百分含量有一定的变化。

需要说明的是,水生动物在不同的养殖模式条件下,由于生活环境和饵料的改变,其营养成分会有明显的差异^[20,22,33]。目前尚无哈氏仿对虾养殖成功的报道,本研究中,养殖哈氏仿对虾是海捕的亚成虾,经过2个月室内水泥池的人工养殖,成为商品成虾,投喂饵料主要是脊尾白虾,所以本研究的养殖群体有一定的特定性,其营养成分的研究结果也会有一定的局限性,今后尚需在全人工养殖的基础上就此工作进行更进一步地探讨。

4 结论

野生及养殖哈氏仿对虾肌肉粗蛋白含量较

高、氨基酸和脂肪酸组成及含量较理想、必需氨基酸指数较高(分别为 66.41 和 69.10)、DHA 和 EPA 含量较丰富,是一种营养价值较高、肉味鲜美且有一定保健作用的健康食品。

野生和养殖哈氏仿对虾肌肉营养成分有一定差异,特别是油脂的脂肪酸组成及含量,但人工养殖没有造成其肌肉脂肪的大量积累和脂肪酸组成及含量的急剧变化等不良后果,反而使该虾肌肉的蛋白质营养价值更高。

实验过程中得到上海海洋大学华雪铭副教授的宝贵建议,营养成分检测过程中得到上海海洋大学祝春等学生的大力协助,在此一并致谢!

参考文献:

- [1] Tzeng T D. Stock identification of sword prawn *Parapenaeopsis hardwickii* in the East China Sea and Taiwan Strait inferred by morphometric variation [J]. *Fisheries Science*, 2004, 70(5): 758 - 764.
- [2] 宋海棠,俞存根,薛利建. 东海哈氏仿对虾的数量分布和生长特性研究[J]. *水生生物学报*, 2009, 33(1): 15 - 21.
- [3] 李祥云,倪海儿,竺俊全,等. 东海北部哈氏仿对虾的种群动态及其最高持续渔获量[J]. *水产学报*, 2000, 24(4): 364 - 369.
- [4] 金中文,汪忠强,尤尔茂. 哈氏仿对虾人工繁殖技术研究[J]. *海洋科学*, 2002, 26(5): 18 - 20.
- [5] 徐开达,薛利建,贺舟挺,等. 东海北部哈氏仿对虾资源量评估[J]. *福建水产*, 2010(1): 23 - 28.
- [6] 张曹进,姚国兴,吴国钧,等. 哈氏仿对虾人工育苗技术研究[J]. *水产科技情报*, 2011, 38(6): 281 - 283.
- [7] 郑忠明,李祥云. 哈氏仿对虾卵巢发育的形态学与组织学观察[J]. *水产学报*, 2002, 26(2): 105 - 110.
- [8] 黄美珍,蔡友飞. 台湾海峡南部哈氏仿对虾的碳氮氢含量[J]. *台湾海峡*, 2000, 19(2): 182 - 185.
- [9] Xiccato G, Trocino A, Tulli F, et al. Prediction of chemical composition and origin identification of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) [J]. *Food Chemistry*, 2004, 86(2): 275 - 281.
- [10] FAO/WHO *Ad Hoc* Expert Committee. Energy and protein requirements [C]. Rome: FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973.
- [11] 蔡完其. 养鱼饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1980: 114 - 115.
- [12] 庄平,宋超,章龙珍. 长江口安氏白虾与日本沼虾营养成分比较[J]. *动物学报: 英文版*, 2008, 54(5): 822 - 829.
- [13] 唐雪,徐钢春,徐跑,等. 野生与养殖刀鲚肌肉营养成分的比较分析[J]. *动物营养学报*, 2011, 23(3): 514 - 520.
- [14] 薛长湖,孔繁明,李兆杰,等. 中国对虾风味物质的产生机理[J]. *水产学报*, 1997, 21(1): 57 - 62.
- [15] 邴旭文,王进波. 池养南美蓝对虾与南美白对虾肌肉营养品质的比较[J]. *水生生物学报*, 2006, 30(4): 453 - 458.
- [16] 吴志新,陈孝煊,熊传喜,等. 澳大利亚红螯螯虾营养成分分析[J]. *湖北农业科学*, 1995(4): 59 - 62.
- [17] 许星鸿,刘翔,阎斌伦,等. 日本对虾肌肉营养成分分析与品质评价[J]. *食品科学*, 2011, 32(13): 297 - 301.
- [18] 丁建英,康璿,徐建荣. 克氏原螯虾肌肉营养成分分析与评价[J]. *水产科技情报*, 2010, 37(6): 298 - 301.
- [19] 张彤晴,林海,葛家春,等. 日本沼虾和秀丽白虾野生群体肌肉营养品质分析[J]. *饲料研究*, 2008(1): 59 - 63.
- [20] 郭慧,陈立侨,陈杰,等. 罗氏沼虾三群体间肌肉营养品质的比较[J]. *湛江海洋大学学报*, 2006, 26(4): 49 - 53.
- [21] 庄平,宋超,章龙珍. 舌虾虎鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. *水产学报*, 2010, 34(4): 559 - 564.
- [22] 高露姣,黄艳青,夏连军,等. 不同养殖模式下红鳍东方鲀的品质比较[J]. *水产学报*, 2011, 35(11): 1668 - 1676.
- [23] 宋超,庄平,章龙珍,等. 野生及人工养殖中华鲟幼鱼肌肉营养成分的比较[J]. *动物学报: 英文版*, 2007, 53(3): 502 - 510.
- [24] 彭士明,黄旭雄,赵峰,等. 野生与养殖银鲳幼鱼氨基酸含量的比较[J]. *海洋渔业*, 2008, 30(1): 26 - 30.
- [25] 罗智,李晓东,白海娟,等. 野生和养殖矛尾复虾虎鱼营养组成和形态学的比较研究[J]. *上海水产大学学报*, 2008, 17(2): 182 - 186.
- [26] 徐继林,朱艺峰,严小军,等. 养殖与野生大黄鱼肌肉脂肪酸组成的比较[J]. *营养学报*, 2005, 27(3): 256 - 257, 260.
- [27] 马爱军,刘新富,翟毓秀,等. 野生及人工养殖半滑舌鲷肌肉营养成分分析研究[J]. *海洋水产研究*, 2006, 27(2): 49 - 54.
- [28] 陈建明,叶金云,沈斌乾,等. 野生和池塘养殖花鱼骨肌肉营养组成的比较分析[J]. *上海水产大学学报*

- 报,2007,16(1):87-91.
- [29] 倪娟,赵晓勤,陈立侨,等. 日本沼虾4种群肌肉营养成分的比较[J]. 中国水产科学,2003,10(3):212-215.
- [30] 杨培民,赵晓临,夏大明,等. 野生与人工养殖鸭绿江斑鳅肌肉营养成分及品质评价[J]. 水生态学杂志,2010,3(1):142-146.
- [31] 张强. 人工养殖对虾与野生对虾脂肪酸的组成成分和测定[J]. 分析化学,1997,25(9):1027-1030.
- [32] 林郁葱,龚媛,龚世园,等. 野生和人工养殖胭脂鱼肌肉营养成分的比较[J]. 淡水渔业,2011,41(6):70-75.
- [33] 陶宁萍,龚玺,刘源,等. 三种养殖河豚鱼肌肉营养成分分析及评价[J]. 营养学报,2011,33(1):92-94,98.

Comparison of muscle nutrient composition between wild and cultured sword prawn (*Parapenaeopsis hardwickii*)

SHI Yonghai*, ZHANG Genyu, LIU Yongshi, LU Genhai, YAN Yinlong,
XIE Yongde, XU Jiabo, LIU Jianzhong

(Shanghai Fisheries Research Institute, Shanghai Fisheries Technical Extension Station, Shanghai 200433, China)

Abstract: In order to understand the muscle nutrient characteristics of the sword prawn *Parapenaeopsis hardwickii*, the nutritional composition and quality of muscles from the wild and cultured sword prawn were investigated and analyzed by biochemical analysis methods. The results show that the crude fat content of wild group (0.89%) was significantly lower than that of cultured group (1.12%), while the crude ash content of wild group (1.44%) was significantly higher than that of cultured group (1.31%). No significant difference in moisture and crude protein contents of fresh muscles was found between wild (79.42% and 17.94%, respectively) and cultured group (79.28% and 17.95%, respectively). 18 kinds of amino acids were found in muscles from wild and cultured groups, and there was no significant difference in the content of 9 kinds of amino acid between wild and cultured groups, while in other 9 kinds of amino acids, the amino acid content of cultured group was significantly higher than that of wild group. Total amino acid (TAA), total essential amino acid (EAA), total non-essential amino acid (NEAA), total delicious amino acid (DAA), and total shrimp flavor amino acid (SAA) content of cultured group (88.08, 30.53, 47.39, 34.47, and 21.72%, respectively) were significantly higher than those of wild group (83.42, 29.69, 43.59, 32.54, and 21.11%, respectively). The essential amino acid index (EAAI) and the ratio of branched chain amino acid to aromatic amino acid (F value) of cultured group (69.10 and 2.12, respectively) were significantly higher than those of wild group (66.41 and 2.07, respectively). The saturated fatty acids (\sum SFA) and polyunsaturated fatty acids (\sum PUFA) relative content of cultured group (39.60% and 36.64%, respectively) were significantly lower than those of wild group (41.95% and 39.51%, respectively), while the mono-unsaturated fatty acids (\sum MUFA) relative content of cultured group (23.76%) were significantly higher than that of wild group (18.54%). The EPA + DHA relative content of wild group (28.23%) was significantly higher than that of cultured group (25.66%), while no significant difference was observed in the EPA + DHA absolute content of muscle between wild and cultured groups. Therefore, the sword prawn is nutritional, delicious, and artificial culture did not cause abundant accumulation of fat in muscle; on the contrary, it improved protein nutritive value of the muscle.

Key words: *Parapenaeopsis hardwickii*; muscle; nutrient composition; amino acid; fatty acid

Corresponding author: SHI Yonghai. E-mail: yonghais@163.com