

# 不同囤养阶段雌性中华绒螯蟹体肉脂含量和脂肪酸组成的比较

彭静文, 张艳霞, 从娇娇, 王锡昌  
(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

**摘要:** 以三种规格[一级蟹(120±5.00 g)、二级蟹(100±5.00 g)、三级蟹(80±5.00 g)]雌性中华绒螯蟹为对象, 通过索氏抽提法和气相色谱法对不同囤养阶段中华绒螯蟹体肉脂含量和脂肪酸组成进行分析。结果表明: 三种规格中华绒螯蟹囤养阶段体肉脂含量与对照组比较, 呈下降趋势。在囤养阶段, 三级蟹体肉脂含量呈下降趋势; 二级蟹脂含量先下降后上升, 第3阶段达最大; 一级蟹脂含量先下降后上升, 第2阶段达最大。三种规格中华绒螯蟹囤养第4阶段检测出的脂肪酸种类最低(二、三级蟹(14~22种); 一级蟹(10~23种))。饱和脂肪酸(SFA)中主要是棕榈酸(C16:0)和硬脂酸(C18:0); 单不饱和脂肪酸(MUFA)中含量最高的是油酸(C18:1), 其次是棕榈油酸(C16:1); 多不饱和脂肪酸(PUFA)中C18:2 $\omega$ 6、C20:5 $\omega$ 3(EPA)和C22:6 $\omega$ 3(DHA)三种脂肪酸含量占主要地位。以FAO/WHO推荐的 $\omega$ 3/ $\omega$ 6比例和EPA+DHA值作为评价指标, 三种规格的中华绒螯蟹囤养到第二阶段体肉最适合食用, 且一级蟹对人体健康更有利。以油酸的含量作为营养品质评价指标, 囤养第2阶段的中华绒螯蟹体肉具有较好的营养品质。

**关键字:** 中华绒螯蟹; 囤养阶段; 脂含量; 脂肪酸

文章编号: 1673-9078(2018)12-96-103

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.12.015

## Effects of Different Hoarding Stages on Lipid Content and Fatty Acids of Female Chinese Mitten Crab Body Meat

PENG Jing-wen, ZHANG Yan-xia, CONG Jiao-jiao, WANG Xi-chang

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Three sizes of female *Eriocheir sinensis* were studied [ first-grade crab (120±5.00 g), second-grade crab (100±5.00 g), and third-grade crab (80±5.00 g) ]. The body meat lipid content and fatty acid composition of *Eriocheir sinensis* in different hoarding stages were studied by Soxhlet extraction method and gas chromatography. The results showed that the body meat lipid content of the three sizes of Chinese mitten crabs in the hoarding stages was lower than that of the control group. In the maintenance stage, the lipid content of body meat in the third-grade crab decreased; the second-grade crab lipid content decreased first and then increased, and reached the maximum in the third stage; the crab lipid content in the first-stage decreased first and then rose, and is the biggest in the second stage. The three sizes of Chinese mitten crabs were the lowest in the fourth stage (the second and third-grade crabs (14~22 species); the first-grade crabs (10~23 species)). The saturated fatty acids (SFA) were mainly palmitic acid (C16:0) and stearic acid (C18:0); the highest content of monounsaturated fatty acids (MUFA) was oleic acid (C18:1), followed by palmitoleic acid (C16:1); the fatty acid content of C18:2 $\omega$ 6, C20:5 $\omega$ 3 (EPA) and C22:6 $\omega$ 3 (DHA) in polyunsaturated fatty acids (PUFA) was dominant. The  $\omega$ 3/ $\omega$ 6 ratio recommended by FAO/WHO and EPA+DHA value are used as evaluation indexes. The three sizes of Chinese mitten crabs body meat are most suitable for consumption in the second stage, and the first-grade crab is more beneficial to human health. Taking the content of oleic acid as the nutritional quality evaluation index, the Chinese mitten crab in the second stage has good nutritional quality.

**Key words:** *Eriocheir sinensis*; hoarding stage; lipid content; fatty acid

收稿日期: 2018-08-20

基金项目: 上海市现代农业产业技术体系(沪农科产字(2017)第4号)

作者简介: 彭静文(1993-), 女, 硕士在读, 研究方向: 食品营养与品质评价

通讯作者: 王锡昌(1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品营养与品质评价

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)是我国重要的养殖经济蟹类, 在我国水产养殖业中占据着非常重要的地位<sup>[1]</sup>。但每到秋冬时节, 螃蟹、鱼货等大量上市造成市场积压, 影响效益等情况, 养殖户与经营者为了提高经济效益, 对螃蟹、鱼货进行暂养, 俗称囤养<sup>[2]</sup>。囤养属于暂养, 两者区别在于, 囤养属于大规模养殖

成蟹，周期长并投喂饲料，暂养是在短期不喂食的情况下以达到去除腥味，提高水产品品质等目的。已有学者研究 10 月至 12 月份不同阶段的中华绒螯蟹脂肪酸组成分析<sup>[3]</sup>，但未深入研究围养对其脂肪酸的影响。

研究发现，肉品风味的形成中脂类物质起到了十分重要的作用。它既能在加热过程中降解产生醛、酮、酸等具有良好风味特征的小分子化合物，又能参与美拉德反应，进一步产生肉类独特的风味物质<sup>[4]</sup>。中华绒螯蟹是我国特有的水产品，所以国内对蟹类脂肪酸的研究较多。董志国等<sup>[5]</sup>发现四大海区三疣梭子蟹脂肪酸之间存在显著差异。朱清顺等<sup>[6]</sup>研究结果显示不同生态环境条件下脂肪酸之间也存在差异。中华绒螯蟹独特的风味与其脂肪酸组成有着密不可分的关系。本试验通过投喂天然饵料，探究不同规格的中华绒螯蟹在不同围养阶段的脂肪酸含量与组成的变化。

## 1 材料与方法

### 1.1 河蟹养殖

用铁丝网在苏州市阳澄湖明澄大闸蟹养殖场围成 3 个大小（长×宽×高=3.5×3.5×1 m）均一的小水池，每个实验组分别投放规格为一级（120±5.00 g）、二级（100±5.00 g）、三级（80±5.00 g）的雌性中华绒螯蟹（色泽均匀，活动性强且无伤病）110 只。池内配有增氧机以保持水中溶氧。天然饵料每三天投喂一次，投喂量占总蟹重量的 2%~3%。其中天然饵料主要投喂玉米，适当投喂杂鱼。

### 1.2 材料与仪器

试剂：37 种脂肪酸甲酯标准品、十九烷酸及十九烷酸甲酯标准品购自于上海安谱科技股份有限公司；正己烷、三氟化硼-甲醇选用色谱级；三氯甲烷、甲醇、氯化镁、氢氧化钠、硼酸、盐酸、浓硫酸、石油醚（30~60 °C）等均为分析级。

仪器：RACE GC ULTRA 气相色谱仪，美国 Thermo Fisher 公司；HWS-24 电热恒温水浴锅，上海恒科学仪器有限公司；旋转蒸发仪，德国 IKA 集团。

表 1 天然饵料营养成分 (%)

Table 1 Nutrient composition of the nutritional diets (%)

天然饵料	水分湿基	蛋白干基	脂肪干基	灰分干基
玉米	1.09±0.00 <sup>a</sup>	8.81±0.02 <sup>c</sup>	3.85±0.01 <sup>b</sup>	12.00±0.00 <sup>d</sup>
杂鱼	76.14±0.34 <sup>d</sup>	65.34±0.45 <sup>c</sup>	12.56±0.14 <sup>a</sup>	14.34±0.15 <sup>b</sup>

注：同一行上标不同字母表示存在显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

### 1.3 样品采集

围养前采集 2017 年 11 月 30 日的一级蟹（120±5.00 g）、二级蟹（100±5.00 g）、三级蟹（80±5.00 g）的雌性中华绒螯蟹各 20 只进行对照试验。围养试验自 2017 年 12 月 1 日开始，到 2018 年 1 月 24 日结束，共历时 56 d。每隔两个星期采样一次，共采集四次。每次从试验池中随机采取不同规格蟹各 20 只，放入装有冰袋的泡沫箱里，两小时内运回实验室，随后将蟹清洗干净进行活体解剖，采取各可食组织放入小型塑封袋中于 -80 °C 冰箱待用。

### 1.4 脂肪酸的测定

总脂的提取：称取肉体 2 g 于烧杯中，然后按照 Folch 等<sup>[7]</sup>人提取方法向其中加入事先配好的氯仿/甲醇（2:1, V/V）的混合物，充分搅拌均匀，放置于 4 °C 冰箱浸泡 24 h。然后取出滤纸过滤，向其中加入 5 mL 6% 的氯化镁溶液，再放置于 4 °C 冰箱静置分层，三小时后取出吸出上清液，再加入氯化镁重复一次操作，得到下清液后用无水硫酸钠过滤去除水分，既得下层脂肪提取液。将提取液倒入配套的旋转蒸发仪上的圆底烧瓶，在 40 °C 水浴条件下旋转蒸发浓缩到恒重得到总脂（使圆底烧瓶内的油重在 0.08 g~0.1 g 之间）。

脂肪酸组成分析<sup>[8]</sup>：将上述圆底烧瓶内的脂肪中加入 5 mL 0.5 mol/L NaOH-CH<sub>3</sub>OH 溶液和 100 μL 10 mg/mL 十九烷酸内标储备液，轻轻振荡使其溶解，混合均匀。接入冷凝回流装置，打开冷凝水，在 100 °C 水浴中煮沸冷凝回流振荡 10 min，直至烧瓶内油滴消失；再加入 3 mL 14% 三氟化硼甲醇溶液，100 °C 冷凝回流 5 min；加入 2 mL 色谱级正己烷，100 °C 冷凝回流 2 min；然后将烧瓶从水浴中取出，关掉冷凝水，待冷凝管中无液滴滴下时取下冷凝回流装置，迅速加入 10 mL 饱和 NaCl 溶液，充分振荡，分层澄清后吸取上清液，用 0.22 μm 有机相滤膜过滤于进样瓶，待气相色谱分析。

气相色谱条件：色谱柱为 Agilent SP-2560 毛细管柱（100 m×0.25 mm×0.2 μm），升温程序起始 70 °C，以 50 °C/min 升至 140 °C 保持 1 min，4 °C/min 升至 180 °C，保持 1 min，3 °C/min 升至 225 °C，保持 30 min；进样口温度 260 °C；进样量 1 μL，分流比 45:1，柱流量 1 mL/min，载气为氮气。

定性定量分析：采用 37 种脂肪酸甲酯混合标准品与样品对比保留时间进行定性分析，内标法定量分析。

### 1.5 数据处理

所有检测结果均以平均值±标准偏差 ( $\bar{x}\pm sd$ ,  $n=3$ ) 表示。数据采用 Excel 和 SPSS 20.0 对数据进行单因素分析 (ANOVA) 检验不同样品间的差异显著性, 所有差异分析均在  $p=0.05$  水平进行。

## 2 结果与讨论

### 2.1 围养阶段中华绒螯蟹脂含量的比较分析

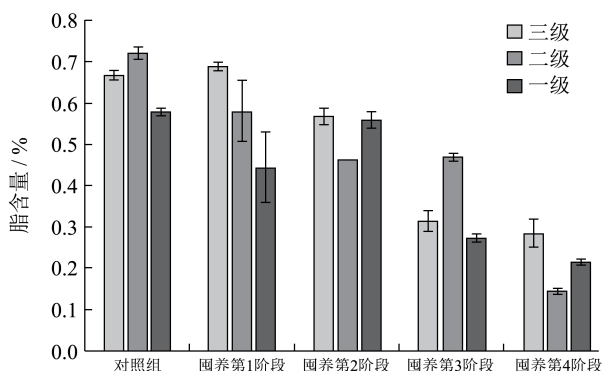


图 1 不同围养阶段中华绒螯蟹体肉脂含量

Fig.1 Lipid content of body meat of *Eriocheirsinensis* in different hoarding stages

图 1 是三种规格的中华绒螯蟹不同围养阶段下的体肉脂含量图。从图 1 可以看出围养第 4 阶段中华绒螯蟹脂含量是最低的 (0.14%~0.72%), 且三级蟹围养第 1 阶段脂含量达到最大值, 超过对照组, 而后随着围养时间的延长呈下降趋势; 二级蟹围养阶段脂含量先降低后增加再下降, 其值均显著低于对照组; 一级蟹围养第 2 阶段脂含量达到最大值, 但低于对照组。围养实验测得的中华绒螯蟹体肉中脂含量低于淡、海水养殖锯缘青蟹肌肉 (淡水养殖: 0.75%; 海水养殖: 1.09%)<sup>[9]</sup>、罗氏沼虾肌肉 (湖泊养殖 1.01%, 池塘养殖 2.47%)<sup>[10]</sup> 和金鲳鱼鱼身肉 (5.09%)<sup>[11]</sup> 中的脂质含量, 这可能是由于不同样品之间存在差异引起的。但较汤辰婧等<sup>[3]</sup>研究的中华绒螯蟹体肉中的结果来说相对偏高, 可能是由于不同年份中华绒螯蟹的品质不同造成的。

脂类是生物的能量储存库, 是构成生物膜的重要物质, 对机体具有重要的生物学作用和生理学调控功能<sup>[12,13]</sup>。蟹类的体脂含量受温度和气候的影响较大<sup>[14]</sup>。不同规格的中华绒螯蟹在围养期间受时间阶段的影响波动较大, 可能是由于围养阶段温度太低, 不同规格的蟹应对环境的耐力不同, 导致围养阶段脂含量的不同。

### 2.2 围养阶段中华绒螯蟹脂肪酸组成的比较分析

三种规格的中华绒螯蟹不同围养阶段下脂肪酸组成及含量变化情况见表 2。从脂肪酸组成看, 三种规格中华绒螯蟹围养第 4 阶段检测出的脂肪酸种类最低 (二、三级蟹 (14~22 种); 一级蟹 (10~23 种))。饱和脂肪酸 (SFA) 中主要是棕榈酸 (C16:0) 和硬脂酸 (C18:0), 而豆蔻酸 (C14:0)、C15:0 和 C17:0 含量较低; 单不饱和脂肪酸 (MUFA) 中含量最高的是油酸 (C18:1), 该结果与成永旭等<sup>[15]</sup>研究报道的无论蟹处于哪种生长阶段, C18:1 是蟹最主要的脂肪酸相符。其次是棕榈油酸 (C16:1), 其他脂肪酸含量较低; 多不饱和脂肪酸 (PUFA) 中含有 4 种  $\omega 3$  系列脂肪酸和 4 种  $\omega 6$  系列脂肪酸, 其中 C18:2 $\omega 6$ 、C20:5 $\omega 3$  (EPA) 和 C22:6 $\omega 3$  (DHA) 三种  $\omega$  系列脂肪酸含量占主要地位。

#### 2.2.1 SFA、MUFA 和 PUFA

三种规格的蟹在围养前后脂肪酸组成及含量之间存在显著性差异 ( $p<0.05$ )。三级蟹围养 4 个阶段 SFA 均显著高于对照组, 且围养第 2 阶段达到最大值, 为 26.39%, 高于 10 月份采集的江苏八大养殖品牌中华绒螯蟹的 SFA 含量<sup>[6]</sup>, 及王思宇等<sup>[16]</sup>研究的灰裂腹鱼肌肉的 24.4%; MUFA 和 PUFA 随围养时间的延长显著增加, 除围养第 4 阶段 MUFA 值较低外, 其他阶段大于对照组。二级蟹中 SFA、MUFA 和 PUFA 在围养第 2 阶段被检测出最大值, 且值显著高于对照组。一级蟹围养第 3 阶段 SFA 达到最大值, 高于对照组, MUFA 和 PUFA 则在围养第 2 阶段达到最大, 且高于对照组。三种规格的蟹在围养第二阶段时体肉中不饱和脂肪含量均大于金鲳鱼鱼身肉<sup>[11]</sup>中的含量, 一级蟹肉中的不饱和脂肪酸含量 (86.92%) 显著高于不同年龄段沙鳎肌肉<sup>[17]</sup>中的 (一龄至三龄: 76.04%~78.43%), 而二、三级蟹肉 (66.14%和 73.61%) 中的不饱和脂肪酸含量则明显低于沙鳎肌肉的。

#### 2.2.2 $\omega 3/\omega 6$ PUFAs

n-3/n-6 比值能够较好的反映食物营养价值的高低, n-3/n-6 PUFAs 值越高具有的营养价值就越高<sup>[18]</sup>。FAO/WHO<sup>[19]</sup>推荐饮食中  $\omega 3/\omega 6$  的比例至少在 0.1~0.2 左右, 其比值越高对人体的健康越有利。围养阶段三级蟹体肉中  $\omega 3/\omega 6$  在 0.78~2.27, 其值均小于对照组



(2.89); 二级蟹  $\omega 3/\omega 6$  在 0.75~2.46, 小于对照组 (2.68); 一级蟹  $\omega 3/\omega 6$  在 1.60~2.34, 均高于对照组 (1.39)。该值远大于汤辰婧等<sup>[20]</sup>人 10 月份对围网养殖与池塘养殖雌性中华绒螯蟹  $\omega 3/\omega 6$  的值 (围网养殖 0.52, 池塘养殖 0.88), 较低于海水蟹体肉中的值, 如美国蓝蟹胸部肌肉为 3.18, 大螯肌肉为 2.32<sup>[18]</sup>, 红色皇帝蟹 7.02<sup>[21]</sup>, 低于南海海域鱼肌肉中的值, 如黄梢金线鱼 2.7, 红衫鱼 3.7<sup>[22]</sup>, 远低于不同月份下南极磷虾<sup>[23]</sup>的  $\omega 3/\omega 6$  (3~8 月份: 5.52~9.01)。不同种类的水产品  $\omega 3/\omega 6$  值不同既表现在区域引起的差异, 也表现在样品本身及养殖时间段上存在的差异。仅从围养 4 个阶段  $\omega 3/\omega 6$  考虑的话, 三种规格蟹围养到第 2 阶段  $\omega 3/\omega 6$  最大, 但与对照组相比, 仅一级蟹  $\omega 3/\omega 6$  值较高。因此, 从健康角度出发, 三种规格的中华绒螯蟹围养到第二阶段最适合食用, 且一级蟹对人体健康更有利。

### 2.2.3 EPA、DHA 和 C18:1

研究表明, C20:5N3(EPA)和 C22:6NS(DHA)是两种重要的必需脂肪酸, 对虾蟹的受精、孵化、生长、变形和繁殖有着非常重要的作用<sup>[24]</sup>。EPA 是人体不可缺少的重要营养素, 能够降低胆固醇含量, 促进人体内饱和脂肪酸的代谢, 提高组织供氧而消除疲劳的功效, 预防动脉粥样硬化的形成和发展、预防脑血栓、脑溢血、高血压等心血管疾病<sup>[25]</sup>。DHA 具有抗过敏、增强免疫、对神经的生长发育、婴儿视觉发育、儿童智能发育都起到重要的作用<sup>[26]</sup>。表 2 中三级蟹和二级蟹 EPA+DHA 随围养时间的延长先上升后下降, 围养第二阶段达到最大, 且值显著高于对照组; 一级蟹 EPA+DHA 先上升后下降而后再上升, 同样围养第二阶段达最大, 其值高于对照组, 并且该值大于三级和二级蟹的 EPA+DHA 值。可见, 对人体健康更有利的是二级蟹围养到第 2 阶段。围养第二阶段三种规格的

蟹肉中 EPA 和 DHA 含量均高于沿海六大地区三疣梭子蟹的<sup>[5]</sup>, 其 EPA+DHA 占脂肪酸总量的比值(三级蟹: 36.16%; 二级蟹: 34.04%; 一级蟹: 47.24%)显著高于汤辰婧等<sup>[3]</sup>研究的不同月份下的中华绒螯蟹 (10~12 月份: 11.96%~24.38%) 和方兵等<sup>[23]</sup>研究的 3~8 月份南极磷虾的 (23.23%~28.18%) 比值, 这说明中华绒螯蟹经过围养后其食用价值更高。

营养界将油酸称为“安全脂肪酸”, C18:1 $\omega 9$  含量的多少, 是评价食品品质的重要指标之一<sup>[27]</sup>。国外营养专家发现 C18:1 $\omega 9$  具有降低血液总胆固醇和有害胆固醇的功能, 对有益胆固醇无负作用。本研究结果显示三种规格蟹围养第 2 阶段 C18:1 的含量最高, 为 21.88%~28.32%, 其值远大于海水养殖的锯缘青蟹油酸含量<sup>[9]</sup> (9.57%)、蓝蟹<sup>[28]</sup>油酸含量 (10%~18%), 低于淡水养殖的锯缘青蟹油酸含量<sup>[9]</sup> (31.26%), 对照组中三级蟹和二级蟹油酸含量较低, 一级蟹油酸含量达 20.63%, 均小于围养第 2 阶段的油酸含量。由此可见, 围养第 2 阶段的中华绒螯蟹体肉中含有较高的油酸含量, 具有较好的营养品质。

## 3 结论

通过对不同围养阶段下三种规格的雌性中华绒螯蟹体肉脂含量和脂肪酸的分析, 发现中华绒螯蟹在围养阶段体肉脂含量和脂肪酸之间均存在显著差异。这可能是由于围养前选择的蟹本身存在生长阶段的差异, 以及饲料品质、环境因素和蟹活动情况等因素密切相关。三种规格的雌性中华绒螯蟹体肉在围养第 4 阶段检测出的脂肪酸种类最低, 此时已不适合继续围养。以  $\omega 3/\omega 6$  和 EPA+DHA 值为评价指标, 围养第二阶段对人体健康更有利, 且一级蟹围养效果更佳; 以油酸含量为评价指标, 围养第 2 阶段体肉营养品质较好。

表 2 不同围养阶段中华绒螯蟹体肉脂肪酸组成

Table.2 Fatty acid composition of body meat at different hoarding stages of *E. sinensis* (mg/g, n=3)

脂肪酸	三级蟹					二级蟹					一级蟹				
	对照组	围养第 1 阶段	围养第 2 阶段	围养第 3 阶段	围养第 4 阶段	对照组	围养第 1 阶段	围养第 2 阶段	围养第 3 阶段	围养第 4 阶段	对照组	围养第 1 阶段	围养第 2 阶段	围养第 3 阶段	围养第 4 阶段
C14:0	0.08±0.02 <sup>a</sup>	0.26±0.00 <sup>b</sup>	0.36±0.01 <sup>c</sup>	0.24±0.02 <sup>b</sup>	N.D.	0.26±0.01 <sup>c</sup>	0.13±0.02 <sup>a</sup>	0.19±0.00 <sup>b</sup>	0.29±0.01 <sup>d</sup>	N.D.	1.62±0.50 <sup>b</sup>	0.10±0.03 <sup>a</sup>	0.39±0.15 <sup>a</sup>	0.22±0.09 <sup>a</sup>	N.D.
C15:0	0.14±0.04 <sup>a</sup>	0.23±0.01 <sup>a</sup>	0.53±0.01 <sup>b</sup>	0.48±0.09 <sup>b</sup>	N.D.	0.08±0.00 <sup>a</sup>	0.16±0.01 <sup>a</sup>	0.93±0.06 <sup>b</sup>	0.20±0.10 <sup>a</sup>	N.D.	0.29±0.07 <sup>ab</sup>	0.21±0.01 <sup>a</sup>	0.40±0 <sup>b</sup>	0.54±0.03 <sup>c</sup>	N.D.
C16:0	4.48±0.25 <sup>a</sup>	15.40±0.67 <sup>c</sup>	15.66±0.28 <sup>c</sup>	15.58±0.54 <sup>c</sup>	12.03±0.47 <sup>b</sup>	10.8±1.08 <sup>a</sup>	8.37±0.02 <sup>a</sup>	22.02±2.44 <sup>b</sup>	N.D.	9.74±0.20 <sup>a</sup>	10.67±0.80 <sup>b</sup>	7.48±0.88 <sup>a</sup>	N.D.	11.94±0.59 <sup>b</sup>	N.D.
C17:0	0.06±0.01 <sup>a</sup>	0.49±0.04 <sup>b</sup>	1.24±0.01 <sup>d</sup>	1.00±0.01 <sup>c</sup>	2.47±0.09 <sup>e</sup>	0.64±0.01 <sup>b</sup>	0.27±0.02 <sup>a</sup>	1.80±0.03 <sup>c</sup>	0.35±0.13 <sup>a</sup>	3.07±0.11 <sup>d</sup>	0.75±0.33 <sup>ab</sup>	0.33±0.07 <sup>a</sup>	1.45±0.06 <sup>b</sup>	1.10±0.05 <sup>ab</sup>	3.65±0.72 <sup>c</sup>
C18:0	2.31±0.10 <sup>a</sup>	7.41±0.25 <sup>b</sup>	9.04±0.00 <sup>c</sup>	8.94±0.12 <sup>c</sup>	6.97±0.32 <sup>b</sup>	5.54±0.06 <sup>b</sup>	4.50±0.00 <sup>b</sup>	13.21±0.89 <sup>c</sup>	N.D.	0.19±0.03 <sup>a</sup>	4.44±0.02 <sup>b</sup>	4.03±0.06 <sup>b</sup>	10.96±0.50 <sup>d</sup>	7.24±0.10 <sup>c</sup>	0.15±0.20 <sup>a</sup>
C20:0	N.D.	N.D.	0.05±0.00 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>a</sup>	0.40±0.10 <sup>b</sup>	0.08±0.02 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>	N.D.	N.D.	6.08±0.08 <sup>b</sup>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
C21:0	N.D.	N.D.	0.86±0.01	0.79±0.07	0.88±0.16	N.D.	N.D.	0.88±0.07	N.D.	0.66±0.04	N.D.	N.D.	N.D.	0.44±0.01	1.26±0.05
C22:0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.20±0.16	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.96±0.03	0.07±0.00 <sup>a</sup>	N.D.	0.09±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>	2.40±0.20 <sup>b</sup>
C23:0	N.D.	N.D.	5±0.06 <sup>c</sup>	4.23±0.04 <sup>b</sup>	3.51±0.12 <sup>a</sup>	N.D.	N.D.	4.61±1.53	N.D.	2.15±0.30	N.D.	2.35±0.10	N.D.	N.D.	0.33±0.00
C24:0	N.D.	N.D.	0.10±0.01	0.09±0.01	0.13±0.02	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
ΣSFA	7.07±0.01 <sup>a</sup>	23.79±1.41 <sup>b</sup>	32.84±0.00 <sup>c</sup>	31.39±0.00 <sup>d</sup>	27.59±0.01 <sup>c</sup>	17.40±0.01 <sup>c</sup>	13.47±0.03 <sup>b</sup>	43.64±0.00 <sup>e</sup>	0.84±0.03 <sup>a</sup>	22.85±0.00 <sup>d</sup>	17.84±0.10 <sup>d</sup>	14.86±0.01 <sup>c</sup>	13.29±0.03 <sup>b</sup>	21.51±0.14 <sup>c</sup>	7.79±0.02 <sup>a</sup>
C14:1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.01±0.01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
C15:1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.05±0.00	13.37±0.53	N.D.	N.D.	10.74±0.75	N.D.	8.24±0.03	N.D.	26.08±1.70	N.D.	N.D.
C16:1	1.10±0.12 <sup>b</sup>	4.55±0.08 <sup>c</sup>	4.49±0.11 <sup>c</sup>	4.36±0.02 <sup>c</sup>	0.21±0.00 <sup>a</sup>	2.54±0.01 <sup>c</sup>	1.93±0.01 <sup>b</sup>	4.99±0.45 <sup>d</sup>	2.33±0.06 <sup>bc</sup>	0.15±0.02 <sup>a</sup>	3.13±0.12 <sup>c</sup>	1.66±0.00 <sup>a</sup>	4.60±0.15 <sup>d</sup>	2.70±0.05 <sup>b</sup>	N.D.
C17:1	0.09±0.00 <sup>a</sup>	0.37±0.02 <sup>b</sup>	0.55±0.01 <sup>c</sup>	0.46±0.06 <sup>c</sup>	N.D.	0.33±0.00 <sup>bc</sup>	0.24±0.01 <sup>bc</sup>	0.57±0.36 <sup>c</sup>	4.08±0.07 <sup>d</sup>	0.09±0.00 <sup>a</sup>	0.31±0.02 <sup>a</sup>	0.25±0.03 <sup>a</sup>	0.74±0.21 <sup>b</sup>	0.41±0.01 <sup>a</sup>	N.D.
C18:1N9	0.18±0.14 <sup>a</sup>	0.33±0.00 <sup>b</sup>	15.46±0.02 <sup>d</sup>	14.36±0.49 <sup>c</sup>	0.21±0.01 <sup>a</sup>	0.19±0.00 <sup>a</sup>	7.71±0.13 <sup>c</sup>	18.88±0.72 <sup>d</sup>	N.D.	5.28±0.01 <sup>b</sup>	7.78±0.31 <sup>b</sup>	0.18±0.01 <sup>a</sup>	18.49±0.16 <sup>c</sup>	10.96±0.33 <sup>c</sup>	13.89±1.37 <sup>d</sup>
C20:1	0.17±0.02 <sup>a</sup>	0.43±0.06 <sup>b</sup>	0.45±0.01 <sup>b</sup>	0.42±0.00 <sup>b</sup>	N.D.	0.70±0.18 <sup>b</sup>	0.34±0.02 <sup>a</sup>	N.D.	0.69±0.01 <sup>b</sup>	N.D.	2.28±0.03 <sup>d</sup>	0.32±0.01 <sup>a</sup>	1.45±0.13 <sup>c</sup>	1.00±0.08 <sup>b</sup>	N.D.
C22:1N9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.04±0.00	N.D.	0.17±0.03	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.15±0.00	N.D.
C24:1	N.D.	0.06±0.00	N.D.	N.D.	N.D.	0.19±0.04 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	N.D.	0.07±0.00 <sup>a</sup>	9.07±0.18 <sup>b</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>	0.28±0.00 <sup>b</sup>	N.D.	N.D.
ΣMUFA	1.54±0.00 <sup>b</sup>	5.74±0.02 <sup>c</sup>	20.95±0.02 <sup>c</sup>	19.60±0.02 <sup>d</sup>	0.47±0.01 <sup>a</sup>	17.32±0.00 <sup>c</sup>	10.28±0.28 <sup>a</sup>	24.44±0.03 <sup>c</sup>	18.09±0.01 <sup>d</sup>	14.59±0.01 <sup>b</sup>	21.46±0.22 <sup>c</sup>	2.47±0.02 <sup>a</sup>	51.64±0.45 <sup>d</sup>	14.95±0.10 <sup>b</sup>	13.89±0.12 <sup>b</sup>
C18:2N6	3.26±0.04 <sup>a</sup>	19.89±0.07 <sup>c</sup>	16.04±0.01 <sup>d</sup>	15.86±0.01 <sup>c</sup>	11.58±0.16 <sup>b</sup>	6.45±0.11 <sup>a</sup>	6.60±0.08 <sup>a</sup>	18.54±1.60 <sup>c</sup>	5.82±0.04 <sup>a</sup>	7.92±0.16 <sup>b</sup>	11.70±0.24 <sup>a</sup>	12.94±0.38 <sup>b</sup>	14.02±0.50 <sup>c</sup>	11.01±0.63 <sup>a</sup>	21.68±1.14 <sup>d</sup>
C18:3N6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.40±0.00	N.D.	N.D.	N.D.	0.85±0.01	N.D.	N.D.
C18:3N3	0.26±0.01 <sup>a</sup>	1.04±0.03 <sup>b</sup>	1.50±0.05 <sup>c</sup>	1.03±0.02 <sup>b</sup>	N.D.	0.44±0.00 <sup>a</sup>	0.67±0.03 <sup>a</sup>	1.68±0.20 <sup>b</sup>	N.D.	N.D.	1.04±0.04 <sup>b</sup>	0.53±0.08 <sup>a</sup>	1.56±0.01 <sup>c</sup>	0.50±0.00 <sup>a</sup>	N.D.
C20:2	0.35±0.05 <sup>a</sup>	0.97±0.04 <sup>b</sup>	2.71±0.05 <sup>d</sup>	2.44±0.02 <sup>c</sup>	N.D.	1.14±0.02 <sup>b</sup>	0.91±0.05 <sup>a</sup>	2.59±0.08 <sup>c</sup>	0.93±0.02 <sup>a</sup>	N.D.	1.09±0.06 <sup>a</sup>	1.07±0.05 <sup>a</sup>	2.45±0.04 <sup>c</sup>	1.84±0.10 <sup>b</sup>	N.D.
C20:3N6	N.D.	0.17±0.17	N.D.	N.D.	N.D.	0.11±0.02	0.03±0.01	N.D.	N.D.	N.D.	0.18±0.17	N.D.	0.12±0.00	0.05±0.00	N.D.
C20:3N3	0.08±0.02 <sup>a</sup>	0.38±0.02 <sup>b</sup>	0.52±0.08 <sup>c</sup>	0.40±0.00 <sup>b</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	0.27±0.06 <sup>a</sup>	0.22±0.01 <sup>a</sup>	N.D.	2.32±0.01 <sup>b</sup>	N.D.	2.44±0.01 <sup>c</sup>	0.16±0.07 <sup>a</sup>	0.66±0.14 <sup>b</sup>	0.23±0.01 <sup>a</sup>	N.D.
C20:4N6	0.89±0.18 <sup>a</sup>	3.95±0.49 <sup>b</sup>	4.66±0.02 <sup>b</sup>	3.82±0.52 <sup>b</sup>	N.D.	2.74±0.08 <sup>c</sup>	2.10±0.29 <sup>a</sup>	N.D.	2.31±0.01 <sup>ab</sup>	N.D.	3.24±0.14 <sup>a</sup>	N.D.	6.49±0.23 <sup>c</sup>	4.35±0.04 <sup>b</sup>	N.D.

接上页

C22:2	0.06±0.03 <sup>a</sup>	0.14±0.01 <sup>b</sup>	0.22±0.01 <sup>c</sup>	0.17±0.01 <sup>bc</sup>	N.D.	N.D.	0.05±0.01	N.D.	0.08±0.01	N.D.	0.51±0.63 <sup>a</sup>	N.D.	0.17±0.00 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>	5.89±0.22 <sup>b</sup>
C20:5N3(EPA)	5.79±0.08 <sup>a</sup>	19.98±0.45 <sup>b</sup>	25.89±0.92 <sup>c</sup>	19.41±0.34 <sup>b</sup>	N.D.	13.19±0.19 <sup>c</sup>	11.32±0.03 <sup>b</sup>	25.95±0.77 <sup>d</sup>	9.42±0.38 <sup>a</sup>	N.D.	9.51±0.50 <sup>a</sup>	10.58±0.06 <sup>b</sup>	27.38±0.04 <sup>c</sup>	14.08±0.25 <sup>c</sup>	23.64±0.46 <sup>d</sup>
C22:6NS(DHA)	5.85±0.26 <sup>a</sup>	18.26±1.20 <sup>d</sup>	19.11±0.79 <sup>d</sup>	15.57±0.06 <sup>c</sup>	8.92±0.54 <sup>b</sup>	11.06±0.50 <sup>c</sup>	9.14±0.13 <sup>bc</sup>	17.92±1.57 <sup>d</sup>	7.41±0.15 <sup>ab</sup>	5.94±0.33 <sup>a</sup>	8.00±0.12 <sup>a</sup>	9.83±0.97 <sup>a</sup>	20.63±1.59 <sup>b</sup>	9.85±0.34 <sup>a</sup>	18.82±1.28 <sup>b</sup>
ΣPUFA	16.54±0.01 <sup>a</sup>	64.78±0.06 <sup>d</sup>	70.65±0.03 <sup>c</sup>	58.7±0.00 <sup>c</sup>	20.64±0.00 <sup>b</sup>	35.4±0.00 <sup>d</sup>	31.04±0.03 <sup>b</sup>	66.68±0.11 <sup>c</sup>	33.67±0.02 <sup>c</sup>	13.86±0.01 <sup>a</sup>	37.71±0.30 <sup>a</sup>	35.11±0.28 <sup>a</sup>	74.33±0.54 <sup>d</sup>	41.99±0.43 <sup>b</sup>	70.03±0.68 <sup>c</sup>
ω3/ω6	2.89±0.01 <sup>e</sup>	1.65±0.01 <sup>b</sup>	2.27±0.01 <sup>d</sup>	1.85±0.00 <sup>c</sup>	0.78±0.00 <sup>a</sup>	2.68±0.02 <sup>d</sup>	2.45±0.01 <sup>c</sup>	2.46±0.02 <sup>c</sup>	1.42±0.01 <sup>b</sup>	0.75±0.00 <sup>a</sup>	1.39±0.01 <sup>a</sup>	1.63±0.01 <sup>b</sup>	2.34±0.03 <sup>d</sup>	1.60±0.01 <sup>b</sup>	1.96±0.02 <sup>c</sup>
EPA+DHA	11.64±0.12 <sup>b</sup>	38.24±0.35 <sup>d</sup>	45.00±0.33 <sup>c</sup>	34.98±0.27 <sup>c</sup>	8.92±0.13 <sup>a</sup>	24.25±0.21 <sup>d</sup>	20.46±0.12 <sup>c</sup>	43.87±0.32 <sup>c</sup>	16.83±0.04 <sup>b</sup>	5.94±0.01 <sup>a</sup>	17.51±0.02 <sup>a</sup>	20.41±0.02 <sup>b</sup>	48.01±0.30 <sup>c</sup>	23.93±0.03 <sup>c</sup>	42.46±0.28 <sup>d</sup>

注：1、N.D.表示未检出；2、同一行上标不同字母表示存在显著性差异 ( $p<0.05$ )。

现代食品科学

## 参考文献

- [1] 张列士.河蟹增养殖技术[M].金盾出版社,2002  
ZHANG Lie-shi. River Crab Breeding Technology [M]. Jin Dun Press, 2002
- [2] 涂俊明.围养螃蟹,鱼货关键在于水[J].渔业致富指南,2017, 1:31  
TU Jun-ming. The key to raising crabs and fish is water [J]. Guide to Fisheries Getting Rich, 2017, 1: 31
- [3] 汤辰婧,松前成,付娜,等.不同阶段中华绒螯蟹脂含量及脂肪酸组成分析[J].食品科学,2013,34(22):174-178  
TANG Chen-jing, SONG Qian-cheng, FU Na, et al. Analysis of lipid content and fatty acid composition of *Eriocheir sinensis* in different stages [J]. Food Science, 2013, 34(22): 174-178
- [4] Gandemer G. Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products [J]. Meat Science, 2002, 62(3): 309-321
- [5] 董志国,沈双焯,李晓英,等.中国沿海三疣梭子蟹脂肪酸指纹标记的多元分析[J].水产学报,2013,37(2):192-200  
DONG Zhi-guo, SHEN Shuang-ye, LI Xiao-ying, et al. Multivariate analysis of fatty acid fingerprinting of *Portunus trituberculatus* in China [J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(2): 192-200
- [6] 朱清顺,柏如发.不同湖泊养殖中华绒螯蟹脂肪酸组成比较分析[J].中国农学通报,2007,23(7):602-607  
ZHU Qing-shun, BAI Ru-fa. Comparative analysis of fatty acid composition of Chinese mitten crab in different lakes [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(7): 602-607
- [7] Folch J, Lees M, Stanley G H S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue [J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497-509
- [8] 张静,陶宁萍,朱清澄,等.秋刀鱼内脏磷脂的化学特性研究[J].中国油脂,2017,42(8):28-31  
ZHANG Jing, TAO Ning-ping, ZHU Qing-cheng, et al. Chemical characteristics of visceral phospholipids in saury [J]. Chinese Fat, 2017, 42(8): 28-31
- [9] 王雪峰,顾鸿鑫,郭倩琳,等.海水和淡水养殖锯缘青蟹的营养成分分析[J].食品科学,2010,31(23):386-390  
WANG Xue-feng, GU Hong-xin, GUO Qian-lin, et al. Nutritional analysis of seawater and freshwater aquaculture of crab saw crab [J]. Food Science, 2010, 31(23): 386-390
- [10] 崔光艳,姜增华,王假真,等.2种养殖模式下罗氏沼虾肌肉营养成分的比较[J].江苏农业科学,2018,46(9):212-214  
CUI Guang-yan, JIANG Zeng-hua, WANG Jia-zhen, et al. Comparison of muscle nutrient composition of *Macrobrachium rosenbergii* in two culture modes [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(9): 212-214
- [11] 郭萌萌,何晨,张诗苑,等.金鲳鱼不同组织脂肪酸组成比较[J].食品工业科技,2018,39(9):45-50  
GUO Meng-meng, HE Chen, ZHANG Shi-yuan, et al. Comparison of fatty acid composition in different tissues of golden carp [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(9): 45-50
- [12] 施兆鸿,黄旭雄,李伟微,等.海捕灰鲳亲鱼不同组织中脂肪及脂肪酸分析[J].水产学报,2008,32(2):309-314  
SHI Zhao-hong, HUANG Xu-xiong, LI Wei-wei, et al. Analysis of fat and fatty acids in different tissues of marine ash broodstock [J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(2): 309-314
- [13] Robin J H, Regost C, Arzel J, et al. Fatty acid profile of fish following a change in dietary fatty acid source: model of fatty acid composition with a dilution hypothesis [J]. Aquaculture, 2003, 225(1): 283-293
- [14] 范翠翠,吴朝霞,孙文涛,等.不同比例氮肥施用对稻田蟹生长及营养价值的影响[J].中国农学通报,2010,26(19): 417-422  
FAN Cui-cui, WU Zhao-xia, SUN Wen-tao, et al. Effects of different ratios of nitrogen application on growth and nutritional value of rice field crab [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(19): 417-422
- [15] 成永旭,堵南山.不同阶段中华绒螯蟹肝胰腺的脂类及脂肪酸组成[J].Current Zoology,1998,9(4):420-429  
CHENG Yong-xu, GUAN Nan-shan. Lipid and fatty acid composition of hepatopancreas in different stages of *Eriocheir sinensis* [J]. Current Zoology, 1998, 9(4):420-429
- [16] 王思宇,郑永华,唐洪玉,等.灰裂腹鱼肌肉营养分析与评价[J].淡水渔业,2018,2:80-86  
WANG Si-yu, ZHENG Yong-hua, TANG Hong-yu, et al. Muscle nutrition analysis and evaluation of gray-striped abalone [J]. Freshwater Fisheries, 2018, 2: 80-86
- [17] 王永明,史晋绒,谢碧文,等.不同年龄段养殖宽体沙鳅肌肉营养成分分析与评价[J].水生生物学报,2018,3:542-549  
WANG Yong-ming, SHI Jin-rong, XIE Bi-wen, et al. Analysis and evaluation of muscle nutritional components in cultured wide-body salamander in different ages [J]. Journal of Hydrobiology, 2018, 3: 542-549
- [18] Celik M, Tureli C, Celik M, et al. Fatty acid composition of the blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun 1896) in the north eastern Mediterranean [J]. Food Chemistry, 2004, 88(2):

- 271-273
- [19] Doughty J. Fats and oils in human nutrition. Report of a joint expert consultation. Food and agriculture organization of the united nations and the world health organization [J]. Fao Food & Nutrition Paper, 1994
- [20] 汤辰婧,付娜,王锡昌,等.围网养殖与池塘养殖中华绒螯蟹脂肪酸组成的比较[J].淡水渔业,2014,1:84-89  
TANG Chen-jing, FU Na, WANG Xi-chang, et al. Comparison of fatty acid composition between Chinese mitten crab cultured in purse seine culture and pond culture [J]. Freshwater Fisheries, 2014, 1: 84-89
- [21] Latyshev N A, Kasyanov S P, Kharlamenko V I, et al. Lipids and of fatty acids of edible crabs of the north-western Pacific [J]. Food Chemistry, 2009, 116(3): 657-661
- [22] 庄海旗,刘江琴,崔燎,等.南海海域 8 种金线鱼肌肉的脂肪酸分析[J].现代食品科技,2018,34(3):218-225  
ZHUANG Hai-qi, LIU Jiang-qin, CUI Liao, et al. Fatty acid analysis of eight kinds of golden thread muscles in the South China sea [J]. Modern Food Science & Technology, 2018, 34(3): 218-225
- [23] 方兵,施文正,汪之和,等.捕捞月份对南极磷虾营养成分的影响[J/OL].食品工业科技,2018-7-19  
FANG Bing, SHI Wen-zheng, WANG Zhi-he, et al. The Effect of fishing month on the nutrient composition of antarctic krill [J/OL]. Food Industry Technology, 2018-7-19
- [24] Ying X P, Yang W X, Zhang Y P. Comparative studies on fatty acid composition of the ovaries and hepatopancreas at different physiological stages of the Chinese mitten crab [J]. Aquaculture, 2006, 256(1-4):617-623
- [25] 李妍佳.利用海藻制备动物营养源的研究[D].杭州:浙江工业大学,2011  
LI Yan-jia. Preparation of animal nutrient sources using seaweed [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2011
- [26] 李轩领.亚麻籽胶酸性多糖和亚麻籽蛋白的泡沫分离研究[D].青海:青海师范大学,2015  
LI Xuan-ling. Foam separation of linseed gum acidic polysaccharide and linseed protein [D]. Qinghai: Qinghai Normal University, 2015
- [27] Bhourri A M, Harzallah H J, Dhibi M, et al. Nutritional fatty acid quality of raw and cooked farmed and wild sea bream (*Sparus aurata*) [J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(1): 507-512
- [28] Chen D W, Zhang M, Shrestha S. Compositional characteristics and nutritional quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Food Chemistry, 2007, 103(4): 1343-1349