

不同阶段中华绒螯蟹脂含量及脂肪酸组成分析

汤辰婧¹, 松前成辉^{1,2}, 付娜¹, 刘源¹, 陶宁萍¹, 王锡昌^{1,*}

(1.上海海洋大学食品学院, 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306;

2.日本东北大学农学研究科水产资源化学研究室, 仙台 981-0936)

摘要:通过索氏抽提法及气相色谱(GC)法对10、11月和12月的中华绒螯蟹体肉及蟹黄、蟹膏的脂含量与脂肪酸组成进行研究。结果表明:中华绒螯蟹雌蟹体肉脂含量呈下降趋势而雄蟹体肉脂含量呈上升趋势;蟹黄、蟹膏脂含量均在10月份达到三节点最高,处于品质最佳时期,其后呈下降趋势。其中,体肉脂含量相对较低,且雌蟹高于雄蟹;蟹黄、蟹膏脂含量相对较高,且蟹膏高于蟹黄。实验共检测出16种脂肪酸,其中饱和脂肪酸(SFA)5种,单不饱和脂肪酸(MUFA)4种,多不饱和脂肪酸(PUFA)7种,以油酸($C_{18:1\omega9}$)比例最高,不饱和脂肪酸的比例高于饱和脂肪酸。以FAO/WHO推荐的 $\omega3/\omega6$ 比例为评价指标,11月份中华绒螯蟹的体肉及蟹黄和10月份的蟹膏对人体健康最有利。以油酸的含量作为营养品质的评价指标,三节点的蟹体肉、蟹黄及蟹膏均具有较好的品质。

关键词:中华绒螯蟹;体肉;蟹黄;蟹膏;脂类;脂肪酸;气相色谱法

Lipid Content and Fatty Acid Composition of *Eriocheir sinensis* at Different Stages of Growth

TANG Chen-jing¹, SONGQIAN Cheng-hui^{1,2}, FU Na¹, LIU Yuan¹, TAO Ning-ping¹, WANG Xi-chang^{1,*}

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Engineering Research Center of Aquatic-Product Processing and Preservation, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. College of Agriculture Science, Biological Resource Sciences, Tohoku University, Sendai 981-0936, Japan)

Abstract: The lipid content and fatty acid composition of body meat, crab spawn and crab paste at different growth stages (October, November and December) of *E. sinensis* were analyzed by Soxhlet extraction method and gas chromatography (GC). The results showed that the lipid content showed a descending trend in the body meat of female crab but an ascending trend in male crab. The highest lipid content was found in crab spawn and crab paste in October, with the best quality at this growth stage, but descended as the growth proceeded; the lipid content was relatively lower in body meat and indicated a higher level in female crab than in male one, while crab spawn and crab paste contained a higher amount of lipids and the lipid content of crab paste was higher than that of crab spawn. Sixteen fatty acids were detected in *E. sinensis* including 5 saturated fatty acids (SFA), 4 monounsaturated fatty acids (MUFA) and 7 polyunsaturated fatty acids (PUFA). Among these fatty acids, oleic acid ($C_{18:1}$) was the most abundant and unsaturated fatty acids had a higher proportion than saturated ones. According to the $\omega3/\omega6$ ratio recommended by the FAO/WHO, the crab body meat and crab spawn in November and the crab paste in October were most beneficial to human health. All the body meat, crab spawn and crab paste of *E. sinensis* at three growth stages had good nutritive quality as indicated by the dominance of oleic acid.

Key words: *Eriocheir sinensis*; body meat; crab spawn; crab paste; lipid; fatty acid composition; gas chromatography (GC)

中图分类号: TS201.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)22-0174-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201322035

收稿日期: 2013-06-28

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD28B01); 上海市科委工程中心建设项目(11DZ2280300); 上海市教委重点学科建设项目(J50704); 上海高校知识服务平台上海海洋大学水产动物遗传育种中心项目(ZF1206); 上海市现代农业产业技术体系建设项目(中华绒螯蟹体系)

作者简介: 汤辰婧(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品营养与品质评价。E-mail: tchjing@126.com

*通信作者: 王锡昌(1964—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品营养与品质评价。E-mail: xcwang@shou.edu.cn

脂类在十足类甲壳动物的生化代谢和生殖过程中发挥着重要的作用,不仅可以作为能量来源,也可作为必需的营养物质^[1-2]。脂质被认为是影响卵的孵化率和幼虫成活的关键营养因子之一^[3]。根据蟹类脂含量及脂肪酸组成可评价其营养、品质、风味等特性。

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)是我国主要的养殖蟹类,到目前为止,对雌蟹肝胰腺及卵巢的研究较多^[1,4],但对其体肉和蟹黄(卵巢+肝胰腺)、蟹膏(精巢+肝胰腺)脂类的认识甚少。10~12月是人们最喜食用中华绒螯蟹的黄金时段,同时也是中华绒螯蟹卵巢处于大生长期的快速发育阶段^[4],10月份卵巢发育初期到12月份卵巢快速发育基本结束(卵巢发育已基本成熟)。本实验选择该阶段雌、雄两种性别的中华绒螯蟹,分别对其体肉及蟹黄、蟹膏两种部位进行脂类分析。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

中华绒螯蟹样本购买于苏州阳澄湖以投喂螺蛳和玉米为主的一级商品蟹(雌蟹 $\geq 125\text{g}$,雄蟹 $\geq 150\text{g}$),采集时间分别为2012年10月11日、2012年11月13日和2012年12月14日。

甲醇、二氯甲烷、无水乙醇、氢氧化钠(均为分析纯)国药集团化学试剂公司;正己烷(色谱级);37种脂肪酸甲酯混合标准溶液(货号AU28-W)美国Supelco公司;丁羟甲苯(BHT)美国Sigma-Aldrich公司。

1.2 仪器与设备

Thermo TRACE GC ULTRA气相色谱仪(检测器为FID)安捷伦科技(上海)有限公司;SENCO GG17型旋转蒸发器上海申生科技有限公司;电子恒温水浴锅北京中兴伟业仪器有限公司;Shimadzu AUY220型电子天平上海安谱科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品制备

每个月份的雌蟹、雄蟹各10只,共计60只,在沸水锅中蒸20min。用镊子、剪刀将中华绒螯蟹的体肉及蟹黄(卵巢+肝胰腺)、蟹膏(精巢+肝胰腺)取出,分别混匀后装入密实袋,并置于 -40°C 的冰箱保存,用于指标检测。

1.3.2 粗脂肪的测定

参照GB/T 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》,采用索氏提取法测定。

1.3.3 脂肪酸组成的测定^[5-7]

取1g左右的体肉、0.5g左右的性腺于离心管中,加30mL CH_2Cl_2 - CH_3OH 溶液(2:1, V/V)和10 μL 10mg/mL的抗氧化剂BHT,匀浆、离心后取上清液于具塞试管中,加4mL的0.88% KCl溶液,振荡、静置后将上清液除去、下清液移入圆底烧瓶中,低温条件下旋转蒸发即得粗脂肪。

在圆底烧瓶中加入3mL 0.5mol/L的氢氧化钠-甲醇溶液混匀后连接回流装置。在 100°C 水浴中加热回流5min,然后加2mL三氟化硼溶液反应5min,最后加入2mL正己烷回流萃取2min,冷却至室温后加5mL左右的NaCl饱和溶液混合,并将其移入具塞试管中,重复3次后静置。吸取上层溶液(正己烷层)约1mL于样品瓶中,以备气相色谱仪分析。

1.3.4 GC条件

气相毛细管柱为Agilent SP-2560(100m $\times$ 0.25mm, 0.2 μm),柱初始温度 60°C ,以 $8^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 180°C , $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 240°C ,保持3min;气化室温度 250°C ;载气: N_2 ;柱流速:1mL/min;分流比:30:1;进样量1 μL 。

1.3.5 数据分析

结果采用与标准品对照法定性,以“平均值 $\pm$ 标准偏差”(n=3)的形式表示。数据采用SPSS 20.0统计软件进行处理,利用单因素方差分析(One-Way ANOVA)检验不同组织间的差异显著性,并进行LSD多重比较, $P<0.05$ 为具有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 中华绒螯蟹脂含量的比较分析

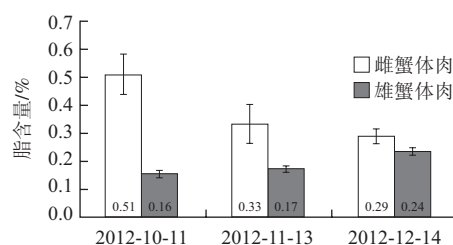


图1 不同时间中华绒螯蟹的体肉脂含量

Fig.1 Lipid content of body meat at different growth stages of *E. sinensis*

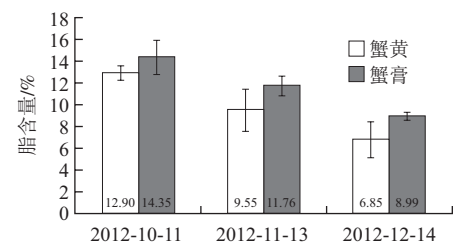


图2 不同时间中华绒螯蟹的蟹黄、蟹膏脂含量

Fig.2 Lipid content of crab spawn and crab paste at different growth stages of *E. sinensis*

图1、2分别是中华绒螯蟹在10、11月份和12月份脂含量图。由图1可以看出,中华绒螯蟹体肉的脂含量较低(0.16%~0.51%),且雌蟹高于雄蟹,雌蟹体肉的脂含量在成熟期不断下降,变化较明显,而雄蟹体肉的脂含

量随着月份的增加含量逐渐升高,10月份时呈现较低水平。由图2得出,中华绒螯蟹蟹黄、蟹膏的脂含量较高(6.85%~14.35%),且雄蟹高于雌蟹,雌蟹与雄蟹的脂含量均随月份的增加呈下降趋势,变化幅度较大,12月份达到最低水平。

脂类不仅是生物的能量储存库,而且是构成生物膜的重要物质,除此之外,脂类物质还可以参与激素和维生素代谢,对机体具有重要的生物学作用和生理学调控功能^[8-9]。温度和气候的不同可改变蟹类的体脂含量^[10]。而在本实验中,10、11月和12月属同一季度,温度反差不明显,水温相对稳定,最终导致中华绒螯蟹雌性体肉在该阶段处于较为稳定的水平。

2.2 中华绒螯蟹脂肪酸组成的比较分析

中华绒螯蟹体肉和蟹黄、蟹膏在快速发育期(10~12月)3个节点脂肪酸组成及其变化情况见表1、2。从脂肪酸组成看,共检测出16种脂肪酸,其中饱和脂肪酸(SFA)5种,单不饱和脂肪酸(MUFA)4种,多不饱和脂肪酸(PUFA)7种。在5种SFA中,碳原子数目较少的豆蔻酸(C_{14:0})、棕榈酸(C_{16:0})、硬脂酸(C_{18:0})占主导地位,而奇数碳原子脂肪酸(C_{15:0}、C_{17:0})含量较低;在MUFA中,油酸(C_{18:1 ω 9})含量最高,棕榈油酸(C_{16:1 ω 7})次之,其余含量均较低;7种PUFA中包括3种 ω 3系列脂肪酸和4种 ω 6系列脂肪酸,C_{20:5 ω 3}(EPA)和C_{18:2 ω 6}分别为 ω 3和 ω 6系列含量最高的脂肪酸。

2.2.1 体肉中脂肪酸组成

不同时间中华绒螯蟹体肉的脂肪酸组成见表1。结果显示,雌蟹的SFA在三节点无显著性差异($P>0.05$),而雄蟹的SFA在10月达到三节点之首为20.98%,显著高于11月、12月($P<0.05$)。中华绒螯蟹成熟期初期(10月)体肉中MUFA含量较高,而PUFA含量较低,饲养一段时间后机体MUFA含量呈现下降趋势,但PUFA的含量则表现出上升趋势,推测与中华绒螯蟹饵料中PUFA含量有关,据研究结果表明,中华绒螯蟹在养殖后期投喂了大量螺蛳,而螺蛳不饱和脂肪酸(HUFA)达到48.21%,其中C_{20:5}、C_{22:5}、C_{22:6}含量分别达到14.54%、2.12%、4.96%^[5,11]。除10月份的HUFA值,雌蟹与雄蟹的SFA、MUFA、PUFA、HUFA、 ω 3/ ω 6和EPA+DHA值在同阶段下均具有显著性差异($P<0.05$)。

FAO/WHO^[12]建议饮食中 ω 3/ ω 6的比例至少在0.1~0.2左右,比例越高对人体的健康越有利。中华绒螯蟹体肉中 ω 3/ ω 6在0.88~1.93,该值远低于蓝蟹等海水蟹,蓝蟹体肉中 ω 3/ ω 6为3.18^[13]。对雌蟹而言, ω 3/ ω 6在10月为三节点最低(0.88)、11月增加至三节点最高(1.93);对雄蟹来说,12月为三节点最低(1.55)、11月至三节点最高(1.81),因此,从健康角度考虑,中华绒螯蟹的体肉在11月份最适宜食用。

C_{20:5}(EPA)和C_{22:6}(DHA)为两种重要的必需脂肪酸,对蟹、虾、鱼的受精、孵化、生长、变形和繁殖都有重

表1 不同时间中华绒螯蟹体肉的脂肪酸组成($n=3$)
Table 1 Fatty acid composition of body meat at different growth stages of *E.sinensis* ($n=3$)

脂肪酸	2012-10-11			2012-11-13			2012-12-14		
	雌	雄	$P<0.05$	雌	雄	$P<0.05$	雌	雄	$P<0.05$
C _{14:0}	0.94±0.06 ^a	0.9±0.07 ^C		1.1±0.04 ^b	0.61±0.02 ^A	*	1.12±0.06 ^b	0.76±0.02 ^B	*
C _{15:0}	0.44±0.01 ^a	0.52±0.02 ^B	*	0.56±0.01 ^b	0.45±0.03 ^A	*	0.57±0.02 ^b	0.51±0.01 ^B	*
C _{16:0}	20.72±0.28 ^a	18.04±0.52 ^B	*	18.49±0.1 ^a	15.41±0.32 ^A	*	19.02±0.32 ^b	16.03±0.24 ^A	*
C _{17:0}	0.78±0.53	1.51±0.71	*	1.82±0.83	1.83±0.82		1.25±0.02	1.12±0.52	
C _{18:0}	5.65±0.1 ^a	6.82±0.03 ^A		7.09±0.23 ^c	8.14±0.24 ^B		6.33±0.07 ^b	6.63±0.05 ^A	*
C _{16:1ω7}	9.74±0.42 ^b	6.66±0.33 ^C	*	7.34±0.31 ^a	5.13±0.18 ^A	*	7.95±0.12 ^a	6.18±0.11 ^B	*
C _{17:1ω7}	0.64±0.01	0.54±0.43		0.89±0.05	0.62±0.54		0.57±0.47	0.88±0.04	
C _{18:1ω9}	30.1±0.06 ^c	25.48±0.17 ^C	*	24.15±0.46 ^a	22.39±0.27 ^A		25.4±0.37 ^b	23.24±0.22 ^B	*
C _{20:1ω9}	0.8±0.02 ^b	0.77±0.03		0.23±0.04 ^a	0.7±0.05	*	0.69±0.17 ^b	0.77±0.07	
C _{18:2ω6}	12.09±0.47 ^b	11.14±0.34 ^C	*	7.24±0.08 ^a	8.88±0.29 ^A	*	7.59±0.06 ^a	10.44±0.1 ^B	*
C _{18:3ω3}	2.15±0.08 ^c	2.21±0.21 ^B		0.87±0.02 ^a	1.79±0.1 ^A	*	1.48±0.01 ^b	1.65±0.03 ^A	*
C _{20:2ω6}	0.86±0.72	1.62±0.03 ^A		1.83±0.07	1.65±0.03 ^A	*	1.56±0.04	1.75±0.01 ^B	*
C _{20:3ω6}	0.46±0.04 ^a	0.48±0.18		0.55±0.01 ^b	0.51±0.11		0.59±0.03 ^b	0.54±0.01	
C _{20:4ω6}	2.66±0.15 ^a	4.55±0.06 ^B	*	3.47±0.05 ^b	4.86±0.09 ^A	*	3.72±0.06 ^c	4.48±0.06 ^B	*
C _{20:5ω3}	6.16±0.42 ^a	9.97±0.38 ^A	*	11.02±0.38 ^b	13.51±0.08 ^C	*	10.67±0.09 ^b	12.24±0.09 ^B	*
C _{22:6ω3}	5.8±0.27 ^a	8.77±0.6 ^A	*	13.36±0.35 ^c	13.51±0.5 ^B		11.48±0.32 ^b	12.78±0.14 ^B	*
SFA	28.53±0.81	20.98±1.31 ^B	*	29.06±0.89	18.31±0.92 ^A	*	28.29±0.32	18.42±0.37 ^A	*
MUFA	41.28±0.48 ^c	33.45±0.96 ^C	*	32.61±0.75 ^a	28.84±0.58 ^A	*	34.61±0.16 ^b	31.07±0.25 ^B	*
PUFA	30.18±1.22 ^a	38.75±1.80 ^A	*	38.34±0.19 ^b	44.72±0.13 ^C	*	37.09±0.46 ^b	43.87±0.23 ^B	*
HUFA	71.46±0.81	72.20±2.76 ^A		70.95±0.89	73.55±0.69 ^B	*	71.7±0.32	74.94±0.32 ^C	*
ω 3/ ω 6	0.88±0.05 ^a	1.18±1.91 ^A	*	1.93±0.04 ^c	1.81±0.06 ^C	*	1.76±0.02 ^b	1.55±0.02 ^B	*
EPA+DHA	11.96±0.67 ^a	18.74±0.97 ^A	*	24.38±0.29 ^c	27.02±0.48 ^C	*	22.15±0.35 ^b	25.02±0.23 ^B	*

注:*,同行中雌蟹与雄蟹同阶段差异显著($P<0.05$);肩标小写字母、大写字母分别表示雌蟹与雄蟹分别在不同阶段差异显著($P<0.05$)。

表2 不同时间中华绒螯蟹蟹黄、蟹膏的脂肪酸组成($n=3$)
Table 2 Fatty acid composition of crab spawn and crab paste at different growth stages of *E.sinensis* ($n=3$)

脂肪酸	2012-10-11			2012-11-13			2012-12-14		
	蟹黄	蟹膏	$P<0.05$	蟹黄	蟹膏	$P<0.05$	蟹黄	蟹膏	$P<0.05$
C _{14:0}	1.21±0.04 ^a	2.12±0.07 ^C	*	2.1±0.14 ^c	1.92±0.02 ^B		1.68±0.15 ^b	1.76±0.05 ^A	
C _{15:0}	0.55±0.02 ^a	0.93±0.02	*	0.89±0.06 ^c	0.96±0.01		0.79±0.02 ^b	0.93±0.02	*
C _{16:0}	22.23±1.06	22.9±0.52 ^B		22.21±1.73	21.51±0.5 ^A		20.11±0.19	21.23±0.17 ^A	*
C _{17:0}	0.27±0.11	0.34±0.03		0.88±0.75	0.39±0.02		0.46±0.17	0.39±0.01	
C _{18:0}	1.39±2.13	3.62±0.18 ^B		1.51±2.27	2.36±2.03 ^{AB}		4.32±0.27	0.14±0.1 ^A	*
C _{16:1ω7}	14.34±0.5	12.8±0.33 ^B	*	14.38±0.76	11.29±0.15 ^A	*	13.23±0.24	11.48±0.13 ^A	*
C _{17:1ω7}	0.42±0.35 ^a	0.04±0.00 ^A		1.26±0.16 ^b	0.87±0.02 ^B	*	1.08±0.06 ^b	0.9±0.02 ^C	*
C _{18:1ω9}	32.39±0.6	26.71±0.56 ^A	*	30.99±2.97	27.35±0.7 ^B		28.08±0.79	29.35±0.18 ^C	
C _{20:1ω9}	0.83±0.05	0.92±0.01	*	0.95±0.12	0.83±0.07		0.8±0.04	0.59±0.3	
C _{18:2ω6}	13.18±0.41 ^b	11.54±0.48 ^A	*	9.05±2.41 ^a	14.41±0.18 ^B	*	12.94±0.17 ^b	15.12±0.05 ^C	*
C _{18:3ω3}	2.85±0.18	2.66±0.3 ^{AB}		2.63±0.19	2.96±0.13 ^B		2.5±0.21	2.27±0.1 ^A	
C _{20:2ω6}	1.09±0.05	1.43±0.06 ^A	*	1.2±0.11	1.38±0.06 ^{AB}		1.22±0.05	1.52±0.02 ^B	*
C _{20:3ω6}	0.47±0.01 ^a	0.42±0.07 ^A		0.64±0.09 ^b	0.59±0.01 ^B		0.6±0.05 ^b	0.65±0.01 ^B	
C _{20:4ω6}	1.96±0.17 ^a	2.56±0.18 ^A	*	2.98±0.11 ^b	2.89±0.14 ^B		3.14±0.1 ^b	2.97±0.02 ^B	*
C _{20:5ω3}	3.13±0.37 ^a	3.5±0.06 ^B		4.64±0.27 ^b	2.97±0.08 ^A	*	5.54±0.32 ^c	3.05±0.08 ^A	*
C _{22:6ω3}	3.7±0.27 ^a	5.53±0.12 ^A	*	3.68±0.22 ^a	7.35±0.12 ^B	*	4.52±0.42 ^b	7.65±0.16 ^C	*
SFA	25.65±1.61	29.91±0.74 ^C	*	27.59±0.28	27.14±1.55 ^B		27.36±0.28	24.45±0.35 ^A	*
MUFA	47.98±1.45	40.47±0.89 ^A	*	47.58±3.99	40.34±0.91 ^A	*	43.19±0.73	42.32±0.32 ^B	
PUFA	26.38±0.69	27.64±0.73 ^A		24.82±4.21	32.55±0.64 ^B	*	29.46±0.87	33.23±0.04 ^B	*
HUFA	74.36±1.60	68.11±1.60 ^A	*	72.4±0.28	72.89±1.55 ^B		72.65±0.28	75.55±0.35 ^C	*
ω 3/ ω 6	0.58±0.06 ^a	0.73±0.01 ^C	*	0.78±1.02 ^c	0.69±0.00 ^B		0.70±0.06 ^b	0.64±0.00 ^A	
EPA+DHA	6.83±0.64 ^a	9.03±0.14 ^A	*	14.32±0.05 ^b	10.32±0.18 ^B	*	14.06±0.69 ^b	10.7±0.13 ^C	*

注:*. 同行中蟹黄与蟹膏同阶段差异显著($P<0.05$); 肩标小写字母、大写字母分别表示蟹黄与蟹膏分别在不同阶段差异显著($P<0.05$)。

要的作用^[14-15]。雌蟹进入11月份后, EPA+DHA的含量显著上升($P<0.05$), 进入12月份时趋于平稳($P>0.05$); 雄蟹进入11月份后, EPA+DHA的含量显著上升($P>0.05$), 进入12月份时又显著下降($P<0.05$)。雌蟹、雄蟹的EPA+DHA含量均在11月居三节点之首。

本研究表明, 体肉中C_{18:1 ω 9}含量居各阶段之首(22.39%~30.1%), 而在海水蟹中, 如蓝蟹^[16]油酸的含量仅在10%~18%。近年来, 国外营养专家发现: C_{18:1 ω 9}有降低血液总胆固醇和有害胆固醇的作用, 并且不会降低有益胆固醇。Kimata等^[17]指出, 地中海地区国家是高油酸消费区, 所以居民血中胆固醇水平和心脏病发生率相对较低。营养界把油酸称为“安全脂肪酸”, C_{18:1 ω 9}的含量多少, 是评定食品品质的重要标志之一^[18]。可见, 含有较高油酸的中华绒螯蟹体肉具有良好的营养品质。

脂肪酸是肉品加热产生香味不可缺少的物质, 其中多不饱和脂肪酸能显著地增加香味^[19-20]。目前, 国内外学者关于中华绒螯蟹脂肪酸含量与风味品质的研究甚少, 仅见Kimata等^[21]和Ozogu等^[22]关于畜产品与风味品质的研究, 研究报道C_{16:1}含量和风味之间存在着较高的正相关($r^2=0.963$); 而C_{18:0}的含量和风味之间有较高的负相关($r^2=0.951$)。由表1得出, 对雌蟹来说, 10月份时C_{16:1}的含量在为三节点最高、而C_{18:0}为三节点最低; 对雄蟹来说, C_{16:1}含量在10月份时为三节点最高、C_{18:0}在10月及12月时

含量较低。若以此为标准, 推断雌蟹与雄蟹的体肉在10月份具有较好的风味。

2.2.2 性腺中的脂肪酸组成

不同时间中华绒螯蟹蟹黄、蟹膏的脂肪酸组成见表2。本实验的研究结果显示, 蟹黄的SFA在三节点无显著性差异($P>0.05$), 而蟹膏的SFA在10月达到三节点之首, 为29.91%, 随着时间的推移, SFA的含量呈下降趋势, 并具有显著性差异($P<0.05$)。10月时, 蟹黄中MUFA、HUFA含量较高, 随着月份的增加其含量呈现下降趋势, 与体肉相同, 推测其受到高含量MUFA、HUFA的饲料的影响。

蟹黄中 ω 3/ ω 6的比例与雌蟹体肉类类似, 在10月为三节点最低(0.58)、11月增加居三节点之首(0.78); 而蟹膏中 ω 3/ ω 6的比例在10月为三节点最高(0.73), 随着月份的增加呈显著下降趋势($P<0.05$), 12月为三节点最低(0.64)。因此, 从健康角度来说, 蟹黄在11月份最适宜食用, 蟹膏在10月份最适宜食用。

蟹黄中EPA+DHA的含量在11月达到三节点最高, 显著高于10月和12月($P<0.05$); 蟹膏中EPA+DHA的含量在10月份含量最低, 随着月份的增加, 其含量显著上升($P<0.05$), 12月时居三节点之首。

与体肉相同, 蟹黄、蟹膏中C_{18:1 ω 9}的含量居各阶段之首(26.71%~32.39%), 因此, 可以推断, 含有较高油酸的蟹黄、蟹膏同样具有良好的品质。

由表2得出, 10月、11月时蟹黄中 $C_{16:1}$ 的含量较高、10月时 $C_{18:0}$ 含量为三节点最低; 蟹膏中 $C_{16:1}$ 含量在10月份时为三节点最高。因此, 可以推断, 10月份是品尝蟹黄、蟹膏的最佳月份。

3 结 论

综上, 从卵巢开始快速发育(10月)到发育成熟(12月), 中华绒螯蟹的体肉、蟹黄和蟹膏的脂类含量和脂肪酸组成都发生了很大变化, 且雌蟹与雄蟹之间存在较大差异。这些变化与中华绒螯蟹自身的生殖发育以及外在环境下饲料的含量与组合存在密切的关系。今后可进一步深入进行脂类及脂肪酸组成的营养、风味以及不同饲料组成与脂类代谢以及蟹类生殖发育相互作用研究, 并可望通过这些研究, 为培育和选育出良好发育的亲体开拓一些新的思路, 促进中华绒螯蟹人工繁殖在我国的深入开展。

参考文献:

- [1] 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]. 动物学报, 1998, 44(4): 420-429.
- [2] YING Xueping, YANG Wanxi, PU Zhangyong. 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): 617-623.
- [3] 郑海波. 中华绒螯蟹的品质分析与比较[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [4] 成永旭, 王宗凯, 堵南山, 等. 饥饿对中华绒螯蟹卵巢快速发育阶段的脂类与肝胰腺脂类的影响[J]. 水产学报, 2007, 31(增刊1): 74-79.
- [5] SENGOR G, ALAKAVUK D U, TOSUN S Y. Effect of cooking methods on proximate composition, fatty acid composition, and cholesterol content of Atlantic Salmon (*Salmo salar*)[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2013, 22(2): 160-167.
- [6] ZHANG J J, WU D, LIU D H, et al. Effect of cooking styles on the lipid oxidation and fatty acid composition of grass crab (*Ctenopharynyodon idellus*) fillet[J]. Journal of Food Biochemistry, 2013, 37(2): 212-219.
- [7] BHOURI A M, HARZALLAH H J, DHIBI M, et al. Effects of different cooking treatments on flesh fatty acid composition of total lipids in farmed sea bass *Dicentrarchus labrax* (Moronidae)[J]. CYBIUM, 2010, 34(1): 29-36.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 张彤晴, 周刚, 朱清顺, 等. 不同培养模式中华绒螯蟹脂肪酸比较分析[J]. 淡水渔业, 2007, 37(1): V37L.
- [12] FAO/WHO. Fats and oils in human nutrition: report of a joint expert consultation, organized by the food and agricultural organization of the united nations and the World Health Organization Rome, 19-26 October 1993[R]. World Health Organization, 1994.
- [13] ÇELIK M, TÜRELI C, ÇELIK 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.
- [14] YING Xueping, YANG Wanxi, ZHANG Yongpu. 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.
- [15] 张凤杼, 张瑞, 宋军, 等. 川鲢肌肉营养成分分析和品质评价[J]. 营养学报, 2012(4): 414-416.
- [16] CHEN D, ZHANG M, SHRESTHA S. Compositional characteristics and nutritional quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Food Chemistry, 2007, 103(4): 1343-1349.
- [17] KIMATA M, ISHIBASHI T, KAMADA T. Studies on relationship between sensory evaluation and chemical composition in various breeds of pork[J]. Japanese Journal of Swine Science, 2001, 38(2): 45-51.
- [18] BHOURI 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]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(1): 507-512.
- [19] PEDRAJA R R. Change of composition of shrimp and other marine animals during processing[J]. Food Technology, 1970, 24(1): 356.
- [20] 金燕. 蟹肉风味的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2011.
- [21] KIMATA M, ISHIBASHI T, KAMADA T. Studies on relationship between sensory evaluation and chemical composition in various breeds of pork[J]. Japanese Journal of Swine Science, 2001, 38(2): 45-51.
- [22] OZOGUL Y, OZYURT G, BOGA E K. Effects of cooking and reheating methods on the fatty acid profile of sea bream treated with rosemary extract[J]. Journal of The Science of Food And Agriculture, 2009, 89(9): 1481-1489.