

早熟中华绒螯蟹营养和滋味成分的分析

徐志善¹, 孙钦军¹, 王锡念¹, 包建强^{1,2,3,*}

(1. 上海海洋大学 食品学院, 上海 201306; 2. 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306;
3. 农业部水产品贮藏保鲜质量安全风险评估实验室(上海), 上海 201306)

摘要:通过对性早熟的中华绒螯蟹可食部分营养价值和滋味研究比较不同部位营养价值。结果表明:雄蟹腿部、腹部肌肉和性腺中蛋白质含量分别为 15.84%、14.95%、9.15%,粗脂肪含量为 0.73%、1.02%、20.68%;雌蟹腿部和腹部肌肉和性腺蛋白质含量为 15.10%、15.03%、8.18%,粗脂肪含量为 0.93%、1.57%、34.62%,蟹肉中蛋白质含量高,粗脂肪含量低是良好的白肉。蟹肉中矿物质含量较高,雄蟹腿部肌肉的 $\Sigma\omega3$: $\Sigma\omega6$ 值为 0.72 低于雌蟹 1.39,但腹部肌肉 $\Sigma\omega3$: $\Sigma\omega6$ 比值为 1.56 远高于雌蟹 0.59,蟹黄 $\Sigma\omega3$: $\Sigma\omega6$ 值为 0.45 高于蟹膏 0.37。蟹黄、蟹膏中的二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)、二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)含量之和分别为 681.42、549.47 mg/100 g 高于蟹肉部分。早熟蟹含有大量人体所需的必需氨基酸,氨基酸评分高。雄蟹腿部、腹部肌肉和蟹膏中的呈味氨基酸含量分别为 76.99%、77.87%、47.24%,都高于雌蟹。早熟蟹基本成分、矿物质含量和总氨基酸与成熟蟹相差较小,但脂肪酸、游离氨基酸含量低于成熟蟹,可能是由于其发育程度还未完全。

关键词:性早熟;中华绒螯蟹;可食部分;营养价值;滋味

Nutritional and Taste Quality of Precocious *Eriocheir sinensis*

XU Zhi-shan¹, SUN Qin-jun¹, WANG Xi-nian¹, BAO Jian-qiang^{1,2,3,*}

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
2. Shanghai Engineering Research Center of Aquatic-Product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China; 3. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Aquatic Products on Storage and Preservation (Shanghai), Ministry of Agriculture, Shanghai 201306, China)

Abstract: Through the research on the nutritional value and taste of precocious *Eriocheir sinensis* compared the nutritional value of different parts. The results showed that the protein content in the legs, belly muscles and gonad of male crabs was 15.84%, 14.95% and 9.15%, and the crude fat content was 0.73%, 1.02% and 20.68%. The protein content in the legs, belly muscles and gonad of male crabs was 15.10%, 15.03% and 8.18%, crude fat content was 0.93%, 1.57% and 34.62%, crab meat had a high protein content and low fat content. They were good white meats. The mineral content of crab meat was higher. The ratio of $\Sigma\omega3$: $\Sigma\omega6$ was 0.72 lower than that of female crab 1.39, but the ratio of abdominal muscle was 1.56, which was much higher than female crab 0.59, and the ratio of female crab $\Sigma\omega3$: $\Sigma\omega6$ was 0.45 higher than crab paste 0.37. The sum of the contents of docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA) in female crab and male crab was 681.42 mg/100 g and 549.47 mg/100 g. Precocious crab contains a large number of essential amino acids required by the human body and had a high amino acid score. The taste amino acid contents of male crab leg, abdominal muscles and male crab were 76.99%, 77.87% and 47.24%, which were higher than female crabs. Compared with mature crabs, the basic composition, mineral content and taste of precocious *Eriocheir sinensis* were similar to those of mature crabs, but the fatty acid content was slightly lower than that of mature crabs. The development level was not yet complete.

Key words: precocity; *Eriocheir sinensis*; edible part; nutritional value; taste

项目基金:水产动物遗传育种中心上海市协同创新中心(ZF1206);上海市科委工程中心建设(11DZ2280300)

作者简介:徐志善(1993—),男(汉),硕士研究生,研究方向:水产品加工。

*通信作者:包建强(1963—),男(汉),教授,研究方向:食品冷冻。

引文格式:

徐志善,孙钦军,王锡念,等.早熟中华绒螯蟹营养和滋味成分的分析[J].食品研究与开发,2019,40(16):105-112

XU Zhishan, SUN Qinjun, WANG Xinian, et al. Nutritional and Taste Quality of Precocious *Eriocheir sinensis* [J]. Food Research and Development, 2019, 40(16): 105-112

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)又名毛脚蟹、河蟹、大闸蟹等,营养价值丰富,自古以来其独特的口感和滋味深受人们喜爱^[1]。在我国沿海、湖泊地区分布较广,2017年全国河蟹产量75.09万吨^[2]。早熟中华绒螯蟹,指在河蟹养殖过程中,一龄养殖阶段提前性早熟的河蟹,产量占总产量的20%~30%,在20万吨左右^[3]。根据付龙龙等^[4]的“五看识别法”,主要根据腹部、交接器、绒毛、性腺、颜色和腺纹这5个部位与成熟蟹对比来判断是否为早熟蟹。李晨虹等^[5]建立了雌、雄河蟹性早熟的判别函数,以科学的方法来判断是否为早熟蟹,对雌蟹、雄蟹的判别准确率分别为90.9%、96.9%。

国内外研究河蟹时,研究较多的是正常生长发育的中华绒螯蟹(成熟蟹),2007年陈德慰^[6]就研究了中华绒螯蟹的营养价值,得出蟹肉是个高蛋白、低脂肪的肉类产品。陈正和等^[7]研究蟹种培育、研究早熟蟹的产生原因与控制措施,在河蟹养殖过程中可以减少早熟蟹的产量,但是对早熟蟹营养价值和滋味的研究鲜有报道^[7]。早熟蟹在每年的10月份上市,其体型相对正常生长的河蟹较小,但其“蟹黄”、“蟹膏”发育完全。目前大多作为香辣蟹原料,或者取其蟹肉、蟹黄、蟹膏制成系列产品,如蟹黄汤包、蟹黄素调味料、蟹黄油等^[8-10]。近几年香辣蟹在网上销售火爆,人们对早熟蟹有了更多的了解和认可,但是早熟蟹与成熟蟹在营养和滋味上是否有差异也是人们比较关心的问题。

本文以性早熟的中华绒螯蟹作为研究对象,对其可食部分的基本成分、矿物质组成、脂肪酸含量、总氨基酸含量、滋味成分等进行全方位分析,与成熟蟹进行比较,分析早熟蟹的营养价值和滋味特征,为早熟蟹的开发利用提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

早熟中华绒螯蟹:兴化地区河蟹养殖基地,选取活力较强的蟹清洗沥干后,活体去蟹壳、去内脏,取蟹肉和性腺部分备用。

三氯甲烷、三氯乙酸、甲醇、正己烷(分析纯):国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器

H1850R型冷冻离心机:北京时代北利有限公司;

LRH-50CA型低温恒温培养箱:浙江恒科学仪器有限公司;L-8800型氨基酸自动分析仪:日立公司;iCAP-TQ型电感耦合等离子体质谱联用仪:赛默飞世尔有限公司;GC-7890型气相色谱仪:山东瑞普分析仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 基本营养成分分析

1)水分含量测定^[11]:参考GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》;

2)灰分含量测定^[12]:参考GB 5009.4-2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》;

3)蛋白质含量测定^[13]:参考GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》;

4)粗脂肪含量测定^[14]:参考GB 5009.9-2016《食品安全国家标准 食品中粗脂肪的测定》;

5)矿物质含量测定:参考陆建锋等^[15]的方法,适当修改,称取1g(精确至0.0001g)样品中加入10mL硝酸过夜,使用微波消解仪消解(消解条件参考GB 5009.91-2017《食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定》),消解后的样品经过120℃赶酸至近干,冷却至室温25℃并定容至50mL,上述溶液再次稀释10倍后采用电感耦合等离子体质谱联用仪测定各个矿物质元素的含量。

1.3.2 脂肪酸组成分析

参考汤辰婧等^[16-17]的试验方法稍作修改,取氯仿与甲醇体积比为2:1,20mL混合溶液提取样品中的油脂,提取后的样品在70℃恒温水浴锅内进行旋蒸,得到蟹肉中的油脂。抽提出来的油脂中加入内标(十九烷酸)及氢氧化钠-甲醇混合液进行甲酯化等处理得到待测样,以38种脂肪酸甲酯标准溶液作为参照并计算。

1.3.3 总氨基酸组成分析

参考Sato T等^[18]的方法,采用酸水解法对样品进行水解,水解后的溶液定容到50mL,并从中吸取2mL溶液,将其pH值调至2.2后用柠檬酸缓冲液定容至25mL,吸取一定体积的稀释液,过0.22μm的水相过滤膜,滤液加入进样瓶中用氨基酸自动分析仪进行测定。

1.3.4 游离氨基酸含量的测定

参考张娜等^[19]的游离氨基酸测定方法稍作改动,准确称取蟹肉 1 g(精确至 0.000 1 g)加入 5%三氯乙酸 15 mL,高速匀浆,超声处理 20 min,于 4℃的恒温箱中放置 24 h 后冷冻离心 10 min,取上清液 5 mL,用 6.1 mol/mL 的 NaOH 将溶液 pH 值调节至 2.0 后定容至 10 mL,用 0.22 μm 水相过滤膜过滤,滤液加入到进样瓶中待上机测定。

1.4 氨基酸评价

依据联合国粮食和农业组织(The United Nations Food and Agriculture Organization, FAO)/联合国世界卫生组织(World Health Organization, WHO)(1793)建议的氨基酸评价标准,对样品进行氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分(chemical score, CS),参照朱清顺等^[20]的计算公式如下:

$$\text{氨基酸含量}/\% = \frac{a}{b} \times 6.25 \times 100$$

式中:*a* 表示样品中该氨基酸含量占总氨基酸含量的比值,%;*b* 表示样品中粗蛋白含量,%。

$$AAS = \frac{c}{d}$$

式中:*c* 表示样品中氨基酸含量,mg/g;*d* 表示 FAO 评分中同种氨基酸含量,mg/g。

$$CS = \frac{c}{e}$$

式中:*c* 表示样品中氨基酸含量,mg/g;*e* 表示全鸡蛋蛋白质同种氨基酸含量,mg/g。

1.5 数据处理

试验结果采用平均值±标准偏差表示,使用 SPSS 软件,采用 *t* 检验对试验数据显著性分析。

2 结果与分析

2.1 早熟蟹的基本成分分析

早熟蟹可食部分基本成分含量测定结果如表 1 所示。

表 1 早熟中华绒螯蟹基本成分分析
Table 1 Proximate composition of precocious *Eriocheir sinensis*

成分	腿部肌肉		腹部肌肉		性腺	
	雄蟹	雌蟹	雄蟹	雌蟹	蟹膏	蟹黄
可食部分比重	7.58±0.01**	5.01±0.04	7.76±0.04	7.72±0.03	6.30±0.01**	9.64±0.05
水分	81.81±0.09	81.15±0.04	80.37±0.40	79.78±0.20	65.54±0.67**	54.29±0.08
灰分	1.26±0.33	1.72±0.01	2.20±0.03	2.23±0.01	3.02±0.11**	2.20±0.00
蛋白质	15.84±0.07**	15.10±0.00	14.95±0.08	15.03±0.10	9.15±0.06**	8.18±0.03
粗脂肪	0.73±0.00	0.93±0.07	1.02±0.00	1.57±0.02	20.68±0.21**	34.62±0.86

注:早熟蟹相同部位同行标注“*”表示差异显著(*P*<0.05),“**”表示差异极显著(*P*<0.01)。

由表 1 可知,雄蟹腿部肌肉占蟹肉总质量的 7.58%,高于雌蟹,主要是由于雄蟹体型较大,腿部肌肉较为发达;蟹黄占蟹肉总质量的 9.64%,远高于雄蟹,此时雌蟹卵巢发育完全,蟹黄含量较高。雌蟹的腿部肌肉水分和灰分含量都低于雄蟹,蟹黄水分和灰分含量低于蟹膏,而蟹黄、腹部肌肉中的粗脂肪含量分别为 34.62%和 1.57%,显著高于雄蟹,王帅等^[21]研究的中华绒螯蟹六月黄也有相同的结论。曹振杰^[17]研究养殖

2 年后的性成熟蟹,其蟹膏和蟹黄粗脂肪含量分别为 34.90%、44.30%,蛋白质含量分别为 9.64%、29.79%,高于本文所研究的早熟蟹可食部位粗脂肪和蛋白质含量;但与 Chen D W 等^[22]研究的养殖一年性成熟蟹相比,蛋白质和粗脂肪含量相差不大,可以得出早熟蟹营养成分较为丰富。

2.2 早熟蟹的矿物质含量分析

早熟蟹可食部分矿物质含量测定结果如表 2 所示。

表 2 早熟中华绒螯蟹矿物质含量
Table 2 Mineral contents of precocious *Eriocheir sinensis*

元素	腿部肌肉		腹部肌肉		性腺	
	雄蟹	雌蟹	雄蟹	雌蟹	蟹膏	蟹黄
Fe	14.32±0.41*	11.51±0.23	13.33±0.21	13.72±0.32	46.47±0.14**	60.57±0.60
K	415.86±3.57**	427.94±0.49	389.86±0.47**	416.76±1.39	224.34±0.25**	236.03±4.00
Ca	303.40±3.87**	308.58±0.26	216.30±2.66**	205.33±0.31	151.68±0.40**	133.51±0.42
Na	107.31±0.33	102.21±7.84	115.30±13.67**	147.29±4.80	116.67±5.16	100.12±2.69
Mg	58.43±0.36**	44.96±0.97	39.69±1.46	41.57±1.32	24.19±0.67	23.08±0.34

续表 2 早熟中华绒螯蟹矿物质含量

Continue table 2 Mineral contents of precocious *Eriocheir sinensis*

mg/100 g

元素	腿部肌肉		腹部肌肉		性腺	
	雄蟹	雌蟹	雄蟹	雌蟹	蟹膏	蟹黄
Zn	3.47±0.16**	3.04±0.04	3.16±0.09	3.14±0.18	1.60±0.03	1.84±0.01
Cu	0.77±0.02	0.67±0.04	0.84±0.08*	0.68±0.03	0.72±0.00**	0.49±0.02
Mn	0.65±0.06*	0.44±0.10	0.57±0.02	0.50±0.06	0.62±0.03	0.65±0.06
Se	0.15±0.01	0.16±0.01	0.20±0.01	0.18±0.00	0.23±0.01	0.21±0.01

注:早熟蟹相同部位同行标注“*”表示差异显著($P<0.05$),“**”表示差异极显著($P<0.01$)。

蟹黄中的铁元素含量为 60.57 mg/100 g, 锌元素含量为 1.84 mg/100 g, 高于蟹膏。早熟蟹雄蟹腿部肌肉和腹部肌肉的锌元素、钾元素含量分别为 3.47、3.16 mg/100 g, 雌蟹腿部肌肉和腹部肌肉的锌元素、钾元素含量分别为 3.04、3.14 mg/100 g 高于蟹黄和蟹膏, 这和陈德慰^[5]研究的成熟蟹一致。人体所必需的微量元素包括 Zn、Cu、Fe、Mn、Se, 这些微量元素在人体中起重要作用^[23]。缺铁性贫血在人体中很常见, 尤其在孕妇和儿童人群中, 成年男性每天铁的推荐摄入量为 12 mg, 成

年女性每天推荐摄入量为 20 mg^[24]。锌元素可以影响人的免疫系统, 缺少锌则会引起免疫功能下降, 还会影响心血管系统, 并且与人的生长发育和衰老有密切联系^[25]。早熟蟹可食部位中的硒元素含量较高, 硒元素防癌、白血病等疾病有一定作用^[26]。由此可知早熟蟹含有大量人体所需的微量元素, 是一种健康的食品。

2.3 早熟蟹的脂肪酸含量测定

早熟蟹可食部分脂肪酸相对含量测定结果如表 3 所示。

表 3 早熟中华绒螯蟹脂肪酸相对含量

Table 3 Fatty acid contents of precocious *Eriocheir sinensis*

mg/100 g

脂肪酸	腿部肌肉		腹部肌肉		性腺	
	雄蟹	雌蟹	雄蟹	雌蟹	蟹膏	蟹黄
C14:0	0.00±0.00	0.00±0.00	1.34±0.06	1.00±0.04	113.02±4.77**	132.83±5.60
C15:0	9.61±0.38	11.27±0.45	12.43±0.49**	6.22±0.25	51.03±2.03**	39.30±1.56
C16:0	43.81±1.65	39.49±1.49	35.24±1.33	46.02±1.73	1004.57±37.85	991.01±37.34
C17:0	5.12±0.18**	8.11±0.29	6.33±0.23**	2.74±0.10	7.10±0.25**	6.07±0.22
C18:0	80.09±2.73*	118.05±4.02	132.88±4.52**	52.79±1.80	663.89±22.59**	355.01±12.08
C21:0	12.97±0.39	11.00±0.33	9.98±0.30	11.78±0.35	112.50±3.35*	117.84±3.51
C22:0	1.22±0.03	1.21±0.03	0.06±0.00	0.06±0.00	47.03±1.34**	27.78±0.79
C23:0	0.00±0.00	0.00±0.00	52.51±4.19	53.85±1.48	112.22±2.67**	287.92±2.31
C24:0	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	17.22±0.46**	12.34±0.33
ΣSFA	152.82	189.13	250.77	174.46	2128.58	1970.1
C14:1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	36.46±1.55**	58.84±2.50
C15:1	11.78±0.47**	18.17±0.73	34.261.37**	39.87±1.60	0.82±0.03	1.81±0.07
C16:1	13.06±0.50	11.84±0.45	18.61±0.71	8.80±0.33	857.14±32.55**	1 257.75±47.76
C17:1	1.30±0.05	2.70±0.10	0.81±0.03	1.19±0.04	51.93±1.87**	74.23±2.67
C18:1ω9	56.70±1.94**	186.38±6.38	140.21±4.80*	88.40±3.03	878.93±30.11	888.43±30.43
C20:1	6.21±0.19	5.16±0.16	16.07±0.50	10.25±0.32	307.84±9.61**	272.68±8.51
C22:1ω9	1.29±0.04	2.01±0.06	0.04±0.00	0.04±0.00	127.96±3.67**	60.37±1.73
C24:1	1.71±0.05	0.85±0.02	0.56±0.01	1.02±0.03	23.16±0.61**	11.09±0.29
ΣMUFA	92.05	227.11	210.56	149.57	2284.84	2623.2
C18:2ω6	103.76±3.58	93.12±2.17	93.39±3.22	93.65±1.85	1490.68±51.40	1 537.86±46.13
C18:3ω6	0.02±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	1.98±0.07	1.94±0.07
C18:3ω3	2.25±0.08**	7.79±0.27	14.76±0.51**	6.52±0.23	8.44±0.29**	10.61±0.37
C20:2	5.24±0.16	7.61±0.24	0.00±0.00	0.00±0.00	117.80±3.70**	137.35±4.32
C20:3ω6	0.01±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	18.42±0.58**	55.34±1.75

续表 3 早熟中华绒螯蟹脂肪酸相对含量
Continue table 3 Fatty acid contents of precocious *Eriocheir sinensis*

脂肪酸	腿部肌肉		腹部肌肉		性腺	
	雄蟹	雌蟹	雄蟹	雌蟹	蟹膏	蟹黄
	mg/100 g					
C20:3 ω 3	0.42 \pm 0.01	0.21 \pm 0.01	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	6.03 \pm 0.19**	19.67 \pm 0.62
C20:4 ω 6	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	7.43 \pm 10.50	3.78 \pm 5.34
C22:2	0.21 \pm 0.01	0.54 \pm 0.02	0.49 \pm 0.01	0.03 \pm 0.00	18.10 \pm 0.52**	32.08 \pm 0.93
C20:5 ω 3	36.02 \pm 1.15	50.92 \pm 1.63	84.32 \pm 2.70**	30.74 \pm 0.98	288.99 \pm 9.26 ^c	314.15 \pm 10.06
C22:6 ω 3	35.94 \pm 1.06**	70.09 \pm 2.07	47.03 \pm 1.39 ^b	17.86 \pm 0.53	260.48 \pm 7.71**	367.27 \pm 10.87
Σ PUFA	183.87	230.3	239.99	148.8	2218.35	2480.05
PUFA:SFA	1.20	1.22	0.96	0.85	1.04	1.26
$\Sigma\omega$ 3	74.63	129.01	146.11	55.12	563.94	711.7
$\Sigma\omega$ 6	103.79	93.14	93.39	93.65	1518.51	1598.92
$\Sigma\omega$ 3: $\Sigma\omega$ 6	0.72	1.39	1.56	0.59	0.37	0.45
EPA+ DHA	71.96	121.01	131.35	48.6	549.47	681.42

注:早熟蟹相同部位同行标注“*”表示差异显著($P<0.05$);“**”表示差异极显著($P<0.01$);SFA 为饱和脂肪酸(saturated fatty acids);MUFA 为单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acids);PUFA 为多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid);DHA 为二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid);EPA 为二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid)。

由表 3 可知,早熟蟹腿部肌肉共检测出 22 种脂肪酸,其中饱和脂肪酸含有 6 种,单不饱和脂肪酸含有 7 种,多不饱和脂肪酸有 9 种;早熟蟹腹部肌肉共检测到 20 种脂肪酸,其中 SFA 含有 8 种, MUFA 含有 7 种,PUFA 含有 5 种;早熟蟹蟹黄和蟹膏都检测到 27 种脂肪酸,其中 SFA 含有 8 种, MUFA 含有 9 种,PUFA 含有 10 种;早熟蟹腿部肌肉和腹部肌肉中硬脂酸(C18:0)、油酸(C18:1 ω 9)、亚油酸(C18:2 ω 6)含量较高,蟹黄、蟹膏中棕榈酸(C16:0)、棕榈油酸(C16:1)、油酸、亚油酸含量较高。由此可知,早熟蟹可食部分中不饱和脂肪酸含量丰富^[27]。

比较水产品中脂肪酸的 PUFA 与 SFA 的比值大于 1,即 PUFA 含量比 SFA 含量高,从表 3 中可以看出,早熟蟹腿部肌肉和蟹黄、蟹膏中的 PUFA 含量比 SFA 含量高,说明早熟蟹可食部位中的多不饱和脂肪

酸含量丰富^[28]。 $\Sigma\omega$ 3: $\Sigma\omega$ 6 值越高,对人体健康越有利,雄蟹腿部肌肉的 $\Sigma\omega$ 3: $\Sigma\omega$ 6 比值低于雌蟹,但腹部肌肉比值远高于雌蟹,且蟹黄 $\Sigma\omega$ 3: $\Sigma\omega$ 6 比值高于蟹膏^[2]。主要原因是这段时间的早熟母蟹发育较为完全,为繁殖下一代,蟹黄中积累了大量的营养物质,而雄蟹腿部肌肉较为发达,体型较大^[29-30]。深海鱼油中含有极多的二十二碳六烯酸 EPA 和 DHA,这两种物质含量越高,对人体越有益,蟹黄、蟹膏中的 DHA、EPA 含量之和分别为 681.42、549.47 mg/100 g,远高于早熟蟹的腿部肌肉和腹部肌肉^[31]。早熟蟹中蟹黄和蟹膏中脂肪酸种类较为丰富,不饱和脂肪酸含量高,早熟蟹是一种营养价值较为丰富的食品。

2.4 早熟蟹的总氨基酸组成及评价

早熟蟹可食部分总氨基酸含量测定结果如表 4 所示。

表 4 早熟中华绒螯蟹总氨基酸含量
Table 4 Amino acids contents of precocious *Eriocheir sinensis*

氨基酸	腿部肌肉		腹部肌肉		性腺	
	雄蟹	雌蟹	雄蟹	雌蟹	蟹膏	蟹黄
	mg/g					
天冬氨酸(Asp)	13.46 \pm 0.06**	12.87 \pm 0.07	10.53 \pm 0.07**	13.21 \pm 0.07	7.32 \pm 0.04 ^a	7.53 \pm 0.04
苏氨酸(Thr)	5.98 \pm 0.04**	5.81 \pm 0.04	4.92 \pm 0.04**	6.13 \pm 0.04	4.02 \pm 0.05	4.08 \pm 0.04
丝氨酸(Ser)	6.12 \pm 0.03**	5.87 \pm 0.02	4.99 \pm 0.08**	5.91 \pm 0.08	3.57 \pm 0.08 ^a	3.73 \pm 0.04
谷氨酸(Glu)	21.47 \pm 0.10	21.60 \pm 0.07	17.55 \pm 0.04 ^a	21.22 \pm 0.06	6.88 \pm 3.58	9.84 \pm 0.06
甘氨酸(Gly)	12.32 \pm 0.04**	10.64 \pm 0.07	10.83 \pm 0.07**	10.19 \pm 0.04	5.60 \pm 0.05 ^a	5.46 \pm 0.05
丙氨酸(Ala)	9.89 \pm 0.06**	10.28 \pm 0.06	8.58 \pm 0.07**	10.64 \pm 0.07	5.44 \pm 0.05**	4.99 \pm 0.07
半胱氨酸(Cys)	1.12 \pm 0.03**	1.20 \pm 0.03	0.86 \pm 0.01**	1.20 \pm 0.01	0.82 \pm 0.02**	0.70 \pm 0.00

续表 4 早熟中华绒螯蟹总氨基酸含量

Continue table 4 Amino acids contents of precocious *Eriocheir sinensis*

氨基酸	mg/g					
	腿部肌肉		腹部肌肉		性腺	
	雄蟹	雌蟹	雄蟹	雌蟹	蟹膏	蟹黄
缬氨酸(Val)	5.67±0.07	5.55±0.08	4.77±0.06**	5.71±0.01	3.74±0.06*	3.94±0.06
甲硫氨酸(Met)	6.55±0.06**	6.14±0.05	6.64±0.05	6.63±0.04	3.68±0.04*	3.81±0.04
异亮氨酸(Ile)	3.43±0.04**	4.55±0.06	2.72±0.06**	3.98±0.04	1.31±0.04†	1.48±0.04
亮氨酸(Leu)	10.58±0.05**	10.21±0.06	8.63±0.04**	10.35±0.06	5.97±0.01†	6.13±0.04
酪氨酸(Tyr)	5.95±0.06	5.88±0.06	5.12±0.02**	6.25±0.06	4.42±0.05	4.35±0.05
苯丙氨酸(Phe)	6.20±0.02**	5.99±0.06	5.30±0.05**	6.25±0.06	3.89±0.06	3.95±0.06
赖氨酸(Lys)	10.86±0.06	10.78±0.05	8.55±0.06**	10.73±0.04	5.07±0.06**	5.54±0.04
组氨酸(His)	2.92±0.04	2.82±0.04	2.42±0.06**	2.95±0.06	1.82±0.04	1.81±0.06
精氨酸(Arg)	14.71±0.06**	13.50±0.04	12.11±0.01**	13.33±0.08	5.14±0.04**	5.94±0.07
脯氨酸(Pro)	6.93±0.08**	6.14±0.04	5.34±0.01**	6.81±0.06	4.44±0.07**	4.02±0.03
总氨基酸含量	144.11	139.79	119.80	141.44	73.08	77.26
必需氨基酸含量	49.24	49.00	41.50	49.75	27.67	28.91
必需氨基酸占 总氨基酸百分比/%	34.17	35.05	34.64	35.17	37.86	37.42

注:早熟蟹相同部位同行标注“*”表示差异显著($P<0.05$),“**”表示差异极显著($P<0.01$)。

由表 4 可知,早熟蟹中含有人体自身不能合成或合成速度不能满足人体所需的氨基酸,有 Thr、Val、Met、Ile、Leu、Phe、Lys,雄蟹腿部、腹部、蟹膏必需氨基酸含量分别为 49.24、41.50、27.67 mg/g,雌蟹腿部、腹部和蟹膏必需氨基酸含量分别为 49.00、49.75、28.91 mg/g^[32]。

蟹肉中必需氨基酸含量越高,对人体越有益^[33]。早熟蟹可食部位中 Leu、Lys 含量相对较高,蟹黄、蟹膏必需氨基酸占总氨基酸百分比分别为 37.42% 和 37.86%,高于腿部肌肉和腹部肌肉部分,与成熟蟹相差较小。

早熟蟹可食部分氨基酸评分结果如表 5 所示。

表 5 早熟中华绒螯蟹氨基酸评分

Table 5 Essential amino acid score of precocious *Eriocheir sinensis*

蟹肉可食部位	评价指标	Thr	Val	Ile	Leu	Lys	Cys+Met	Phe+Tyr
雄蟹腿部	AA 含量	163.87	155.81	179.72	289.12	297.15	125.08	332.44
	AAS	0.56	0.38b	0.54	0.54	0.67	0.32 ^a	0.59
	CS	0.66	0.50	0.72	0.66	0.87	0.57	0.87
雄蟹腹部	AA 含量	171.55	166.99	231.54	300.51	298.29	125.92	363.39
	AAS	0.59	0.41 ^b	0.7	0.56	0.68	0.33 ^a	0.64
	CS	0.69	0.54	0.93	0.68	0.88	0.57	0.96
蟹膏	AA 含量	363.31	339.48	332.62	535.36	458.10	195.15	751.61
	AAS	1.24	0.83 ^b	1.00	1.00	1.04	0.51 ^a	1.33
	CS	1.45	1.10	1.33	1.22	1.35	0.89	1.98
雌蟹腿部	AA 含量	171.95	165.16	181.80	302.13	318.79	171.44	352.19
	AAS	0.59	0.40 ^a	0.55	0.57	0.72	0.44 ^b	0.62
	CS	0.69	0.53	0.73	0.69	0.94	0.78	0.93
雌蟹腹部	AA 含量	180.26	167.35	194.66	304.14	314.54	152.25	368.15
	AAS	0.62	0.41 ^b	0.59	0.57	0.71	0.39 ^a	0.65
	CS	0.72	0.54	0.78	0.69	0.93	0.69	0.97
蟹黄	AA 含量	398.10	391.47	376.21	604.19	547.54	216.56	822.89
	AAS	1.36	0.95 ^b	1.14	1.13	1.24	0.56 ^a	1.46
	CS	1.59	1.26	1.50	1.37	1.61	0.98	2.17

注:同行标注 a 为第一限制性氨基酸,b 为第二限制性氨基酸。

由表 5 可知,早熟蟹中雌蟹腿部肌肉第一限制性氨基酸为 Val,第二限制性氨基酸为 Met 和 Cys,其它可食部位第一限制性氨基酸均为 Met 和 Cys,第二限制性氨基酸都为 Val,结果与朱清顺等^[20]研究的河蟹相差不多。表中蟹膏和蟹黄的 AAS 和 CS 值都显著高于

腿部肌肉和腹部肌肉,蟹黄和蟹膏氨基酸评分较高。

2.5 早熟蟹的游离氨基酸组成

早熟蟹可食部分游离氨基酸含量测定结果如表 6 所示。

中华绒螯蟹中独有的滋味深受人们喜爱,而早熟

表 6 早熟中华绒螯蟹游离氨基酸含量

Table 6 Free amino acids contents of precocious *Eriocheir sinensis*

氨基酸	呈味特征	腿部肌肉		腹部肌肉		性腺		呈味阈值/(mg/g)
		雄蟹	雌蟹	雄蟹	雌蟹	蟹膏	蟹黄	
Asp	鲜/酸(+)	0.04±0.00**	0.03±0.00	0.02±0.00*	0.01±0.00	0.09±0.00**	0.06±0.00	1
Thr	甜(+)	0.55±0.01*	0.58±0.01	0.48±0.02**	0.29±0.00	0.35±0.00*	0.38±0.01	2.6
Ser	甜(+)	0.11±0.00**	0.09±0.00	0.14±0.00**	0.06±0.00	0.20±0.00**	0.17±0.01	1.5
Glu	鲜/酸(+)	0.31±0.01*	0.34±0.00	0.32±0.02**	0.15±0.00	0.63±0.00**	0.48±0.02	0.3
Gly	甜(+)	2.82±0.06	2.70±0.04	3.44±0.16**	1.50±0.02	0.36±0.00	0.32±0.01	1.3
Ala	甜(+)	1.58±0.03**	2.16±0.02	1.85±0.08**	1.16±0.01	0.75±0.01	0.75±0.03	0.6
Cys	苦/甜/硫(-)	0.03±0.00**	0.04±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.11±0.00	0.11±0.01	
Val	甜/苦(-)	0.09±0.00*	0.10±0.00	0.07±0.00*	0.06±0.00	0.24±0.00**	0.26±0.01	0.4
Met	苦/甜/硫(-)	0.08±0.00**	0.12±0.00	0.10±0.00**	0.06±0.00	0.14±0.00**	0.18±0.01	0.3
Ile	苦(-)	0.03±0.00**	0.05±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00	0.17±0.00	0.16±0.00	0.9
Leu	苦(-)	0.07±0.00**	0.09±0.00	0.06±0.00	0.05±0.00	0.34±0.00**	0.39±0.01	1.9
Tyr	苦(-)	0.06±0.00*	0.07±0.00	0.07±0.00*	0.06±0.00	0.19±0.00**	0.21±0.00	
Phe	苦(-)	0.05±0.00	0.05±0.00	0.05±0.00*	0.04±0.00	0.29±0.01**	0.35±0.14	0.9
Lys	甜/苦(-)	0.11±0.00**	0.19±0.00	0.11±0.00	0.09±0.00	0.45±0.00	0.44±0.01	0.5
His	苦(-)	0.12±0.00**	0.14±0.00	0.10±0.00**	0.08±0.00	0.12±0.00	0.12±0.00	0.2
Arg	苦/甜(-)	2.68±0.06**	2.97±0.04	3.05±0.14**	2.62±0.02	1.00±0.01	1.00±0.00	0.5
Pro	甜/苦(-)	0.88±0.02**	1.06±0.01	1.22±0.05**	0.65±0.01	0.41±0.00	0.40±0.01	3
总含量		9.59	10.78	11.11	6.92	5.82	5.78	
呈味氨基酸占比/%		76.99	75.76	77.87	74.80	47.24	44.06	

注:早熟蟹相同部位同行标注“*”表示差异显著($P<0.05$),“**”表示差异极显著($P<0.01$)。

蟹可食部位的游离氨基酸含量是其独特滋味的主要来源。由表 6 可知,早熟蟹中含量较高的氨基酸主要是 Glu、Gly、Ala、Arg,其含量都高于其呈味阈值,是早熟蟹可食部分主要的呈味氨基酸。早熟蟹腿部和腹部肌肉游离氨基酸含量低于中华绒螯蟹六月黄,也低于成熟蟹,蟹黄和蟹膏游离氨基酸含量和六月黄相差不多,但总的游离氨基酸含量低于成熟蟹^[34]。早熟蟹腹部肌肉不含半胱氨酸,腿部肌肉含量也极少,但是蟹黄、蟹膏中半胱氨酸含量都为 0.11 mg/g,这与张家奇等^[35]研究的结果相同。

早熟蟹雄蟹腿部肌肉、腹部肌肉和蟹膏部分中的主要呈味氨基酸占总氨基酸的比例分别为 76.99%、77.87%和 47.24%都高于雌蟹,Glu(鲜味)含量高于雌蟹,Gly、Ala、Arg 3 种氨基酸呈现甜味,其总和也高于雌蟹,可以说明雄蟹可食部分鲜味更足,更加美味。但是人们在食用蟹黄和蟹膏时,更倾向于蟹黄,主要原

因可能是蟹黄中水分含量低于蟹膏,但粗脂肪含量高于蟹膏,蟹黄中油脂含量相对更高,熟制后口感更佳。

3 结论

对早熟蟹可食部位进行研究,可以得出早熟蟹腿部和腹部肌肉的基本成分相差不多,与蟹黄和蟹膏相比,水分和蛋白质含量高于蟹黄和蟹膏,粗脂肪却远远低于蟹黄和蟹膏,说明早熟蟹腿部和腹部肌肉是良好的高蛋白低脂肪食品;早熟蟹蟹黄、蟹膏 Fe、Se 元素含量较高,但其他元素则略低于腿部和腹部肌肉;蟹黄和蟹膏中的不饱和脂肪酸高于腿部和腹部肌肉,脂肪酸总类较全,营养价值丰富;早熟蟹含有大量人体所需的必需氨基酸,可食部位的氨基酸评分较高,营养价值丰富;早熟蟹雄蟹中的呈味氨基酸含量高于雌蟹,雌蟹鲜味更足,但是蟹黄口感更佳。

早熟蟹在与成熟蟹进行比较时,不同部位有较大

差异,但是总的营养成分和总氨基酸含量相差不大,矿物质含量也较丰富,脂肪酸含量和游离氨基酸含量略低于成熟蟹,可能是由于早熟蟹成熟较早,发育不完全。近年来,香辣蟹的火爆让早熟蟹进入人们的视线,由本文可知早熟蟹营养价值丰富、味道鲜美,开发利用前景较为广阔。

参考文献:

- [1] 王成辉,李思发.中华绒螯蟹种质研究进展[J].中国水产科学,2002(1): 82-86
- [2] 袁初晓,赵文武.中国渔业年鉴[M].北京:中国农业出版社,2018,35-41
- [3] 付龙龙,周刚,李跃华,等.中华绒螯蟹种性早熟研究进展[J].江苏农业科学,2017,45(12): 19-23
- [4] 李晨虹,王成辉,李思发.中华绒螯蟹性早熟的早期判别[J].水产科技情报,1998(2): 25-28
- [5] 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
- [6] 陈正和,王忠,陈诚.蟹种培育中懒蟹与早熟蟹的产生原因与控制措施[J].渔业致富指南,2015(15): 37-38
- [7] Liu G, Zhang X, Gao T, et al. A Comparative Study of Genetic Variation between Chinese Mitten Crab *Eriocheir Sinensis* and Hepu Mitten Crab *E. Hepuensis*[J].中国海洋大学学报(英文版), 2002, 1(2): 135-139
- [8] 徐贞,卢立新.真空软包装香辣蟹贮藏品质变化及货架期预测[J].包装工程,2017,38(11): 6-10
- [9] 叶梦迪,陈黎洪.蟹黄素调味料加工工艺的研究[J].浙江农业科学,2017,58(3): 462-464,468
- [10] 邵利平,夏文水,姜启兴,等.蟹黄油的理化性质及其营养成分分析[J].食品工业科技,2015,36(4): 362-364,369
- [11] 国家食品药品监督管理总局.食品中水分的测定:GB 5009.3-2016[S].北京:中国标准出版社,2016
- [12] 国家食品药品监督管理总局.食品中灰分的测定:GB 5009.4-2016[S].北京:中国标准出版社,2016
- [13] 国家食品药品监督管理总局.食品中蛋白质的测定:GB 5009.5-2016[S].北京:中国标准出版社,2016
- [14] 国家食品药品监督管理总局.食品中粗脂肪的测定:GB 5009.9-2016[S].北京:中国标准出版社,2016
- [15] 陆剑锋,焦道龙,张伟伟,等.速冻蟹黄粉的营养成分分析及品质评价[J].食品科学,2009,30(24): 251-255
- [16] 汤辰婧,松前成辉,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
- [17] 曹振杰,付春鹏,周嗣泉,等.中华绒螯蟹“蟹黄”与“蟹膏”的营养成分比较分析[J].水产科学,2017,36(2): 178-182
- [18] Sato T, Ohgami S I, Kaneniwa M. Differences in compositions of free amino acids, nucleotide-related compounds, and fatty acids between sexes of the coconut crab *Birgus latro* in Okinawa, Southwest Japan[J]. Fish Sci, 2015, 81(3): 569-579
- [19] 张娜.中华绒螯蟹风味物质的研究[D].无锡:江南大学,2008
- [20] 朱清顺,柏如发.养殖中华绒螯蟹风味品质比较研究[J].中国农学报,2008(3): 463-468
- [21] 王帅,吴旭干,陶宁萍,等.中华绒螯蟹六月黄营养及风味品质研究[J].中国食品学报,2017,17(4): 219-227
- [22] 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
- [23] Christensen J M, Ihnat M, Stoeppler M, et al. Human body fluids — IUPAC proposed reference materials for trace elements analysis[J]. Z. Anal. Chem., 2004, 326(7): 639-642
- [24] 蔡洁,张惠迪,杨丽琛.人体铁生理需要量研究进展[J].卫生研究, 2018(1): 170-172
- [25] 吴露霞.锌元素对人体健康的影响[J].微量元素与健康研究, 2002(4): 81-82
- [26] 孙良顺,郭莹,蔡国栋.硒元素与健康[J].江苏调味副食品,2010, 27(3): 15-16,29
- [27] Venugopal V. Nutrients and Nutraceuticals from Seafood[J]. Bioactive Molecules in Food, 2018(1): 1-4
- [28] Blanchet C, Lucas M, Julien P, et al. Fatty acid composition of wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Lipids, 2006, 40(5): 529-531
- [29] Ding L Y, Fu H Y, Hou Y M, et al. Effects of starvation and feeding on blood chemistry, fatty acid composition and expression of vitellogenin and fatty acid-binding protein genes in female swimming crab *Portunus trituberculatus* broodstock[J]. Fisheries Science, 2017, 83(3): 455-464
- [30] Tadao J B, Dan S, Nakaya M, et al. Effects of n-3 highly unsaturated fatty acid content in *Artemia* on survival and development of laboratory-reared horsehair crab *Erimacrus isenbeckii* larvae[J]. Fish Sci, 2013, 79(3): 459-467
- [31] Talahalli R R, Vallikannan B, Sambaiah K, et al. Lower efficacy in the utilization of dietary ALA as compared to preformed EPA + DHA on long chain n-3 PUFA levels in rats[J]. Lipids, 2010, 45(9): 799-808
- [32] 孙雷,周德庆,盛晓风.南极磷虾营养评价与安全性研究[J].海洋水产研究,2008(2): 57-64
- [33] Guo Y R, Gu S Q, Wang X C, et al. Comparison of fatty acid and amino acid profiles of steamed Chinese mitten crab[J]. Fish Sci, 2014, 80(3): 621-633
- [34] 陈舜胜,陈媛媛,邱伟强,等.冻结和冻藏对中华绒螯蟹蟹肉品质的影响[J].水产学报,2014,38(10): 1793-1799
- [35] 张家奇,张龙,王锡昌.稻田养殖和池塘养殖对中华绒螯蟹滋味品质的影响[J].食品工业科技,2017,38(13): 229-236

收稿日期:2018-10-20