

# 不同规格瘤背石磺(*Onchidium struma*)肌肉的生化组成及营养价值评价\*

贺诗水<sup>1</sup> 吴旭干<sup>2</sup> 滕炜鸣<sup>2</sup> 王洪凯<sup>1</sup> 成永旭<sup>2</sup>

(1. 枣庄学院生命科学学院 枣庄 277160; 2. 上海海洋大学 水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室 上海 201306)

**摘要** 采用生化测定方法对不同规格瘤背石磺的肌肉指数、肌肉中常规生化成分、氨基酸组成、脂类和脂肪酸组成进行了系统的研究。结果表明: (1) 随着体重的增加, 瘤背石磺的肌肉指数和肌肉的蛋白质含量均呈下降趋势, 而脂肪和碳水化合物含量呈上升趋势, 大规格组瘤背石磺肌肉中的蛋白质、脂肪和碳水化合物含量分别为 55.20%、9.10%和 17.38%。(2) 随着体重的增加, 肌肉中的氨基酸总量呈显著下降趋势。成体瘤背石磺肌肉中检测出 17 种氨基酸, 其中含有 9 种人体必需氨基酸, 天冬氨酸和谷氨酸为瘤背石磺肌肉中的主要鲜味氨基酸, 除蛋氨酸+胱氨酸和色氨酸外, 其余必需氨基酸含量均符合 FAO/WHO/UNU(1985)的理想模式。(3) 不同规格组瘤背石磺肌肉中的脂类和脂肪酸组成接近, 肌肉中磷脂含量达 80%以上, 肌肉中的脂肪酸组成平衡(S M P 接近于 1 1 1), 成体 n3-PUFA/n6-PUFA 值为 1.0 左右, 而 PUFA 和 HUFA 分别达 30.53%和 21.78%。

**关键词** 瘤背石磺, 不同规格, 生化成分, 营养价值评价, 肌肉

**中图分类号** S963

瘤背石磺(*Onchidium struma*)隶属于软体动物门(Mollusca)、腹足纲(Gastropoda)、肺螺亚纲(Pulmonata)、柄眼目(Stylommatophora)、石磺科(Onchidiidae), 主要分布于我国江苏、浙江、上海沿海咸淡水交汇处的潮间带高潮区, 是一种具有重要营养价值和药用价值的经济贝类(张媛溶等, 1986; 王金庆等, 2005a, b; 吴旭干等, 2008), 目前已作为高档滋补品受到市场欢迎, 市场需求量较大(黄金田等, 2008)。然而, 近年来由于环境污染和人为滥捕, 瘤背石磺的自然资源量正在迅速下降, 难以满足不断增加的市场需求。尽管瘤背石磺的人工繁殖难题没有完全解决(滕炜鸣等, 2007; 吴旭干等, 2008), 但江浙部分沿海地区已开始了瘤背石磺的网围增养殖(王金庆等, 2006)。

瘤背石磺是“雌雄同体、雄体先熟”的软体动物, 性腺发育阶段与其体重密切相关, 通常体重 8g 以下

为精子发生期(雄体阶段), 8—14g 为精卵混合发育期(雌雄混合发育阶段), 14g 以上为卵子成熟期(雌体成熟产卵阶段), 因此通过称量便可大致了解瘤背石磺的性腺发育阶段(胡冰等, 2008)。肌肉是瘤背石磺最主要的可食部分, 通过分析不同体重瘤背石磺的营养成分变化, 可为瘤背石磺的配合饲料开发提供基础资料和理论依据(吴旭干等, 2008)。自 20 世纪 80 年代以来, 有关瘤背石磺的研究主要集中在其外部形态(邱立言, 1991)、生殖行为(沈和定等, 2006)、生态习性(黄金田等, 2004)、胚胎发育(王金庆等, 2005b)和性腺发育(王金庆等, 2006)等方面, 而有关瘤背石磺的营养成分的研究报道较少(吴旭干等, 2008; 黄金田等, 2008), 尚未见不同规格(不同性腺发育阶段)瘤背石磺肌肉的生化组成及营养价值评价的研究报道。鉴于此, 本文测定了大(14—28g)、中(8—14g)、小规格组(4—8g)三种体重组瘤背石磺的常规生化成分、脂

\* 上海市科委基础研究重点项目(No.04JC14067); 上海市科技兴农重点攻关项目(沪农科攻字 2005D4-3); 上海高校创新团队项目: 水产动物营养饲料与养殖环境(第二期)联合资助。贺诗水, 硕士, 讲师, E-mail: heshishui@126.com

通讯作者: 成永旭, 教授, E-mail: yxcheng@shou.edu.cn

收稿日期: 2011-12-21, 收修改稿日期: 2012-03-25

类、脂肪酸和氨基酸组成,并比较了其营养价值,以期为瘤背石磺的配合饲料研制、营养价值评价和产品深加工提供基础资料和理论依据,从而促进瘤背石磺增养殖业的健康发展。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料和解剖

实验用瘤背石磺(*Onchidium struma*)采自上海崇

明岛北支芦苇滩涂湿地(31°38'N, 121°41'E)。所采样本的体重为 3.9—38.9g,共 462 只,根据胡冰等(2008)的方法,将其分为三个规格组,具体见表 1。活体运输到实验室内进行称重和解剖,弃除肝胰腺、卵黄腺和肠道等内脏后,准确称重其肌肉(主要可食部分)的重量(精确到 0.1mg),所有样品保存于-20℃的冰箱内待营养成分测定。按如下公式计算肌肉指数:

肌肉指数(Muscular Index, *MI*, %) = 肌肉重/体重×100

表 1 不同规格组瘤背石磺的样本量、体长和体重  
Tab.1 Sample number, body length and body weight of *O. struma* among the different size group

组别	样本量(只)	体长范围(cm)	平均体长(cm)	体重范围(g)	平均体重(g)
小规格组	162	3.70—4.93	4.49±0.25 <sup>c</sup>	3.90—7.92	6.15±1.14
中规格组	175	4.62—6.56	5.64±0.17 <sup>b</sup>	8.15—13.95	10.64±1.74
大规格组	125	5.82—8.33	7.31±0.51 <sup>a</sup>	14.00—27.45	18.36±3.43

注:同行数据右上角不含有相同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

### 1.2 测定方法

**1.2.1 一般营养成分测定** 合并体重接近瘤背石磺的相同组织以得到足量的样品供生化分析用,取 1g 左右的湿样于 60℃下烘干测定水分含量,其余样品冷冻干燥处理后用于生化分析,采用凯氏定氮法测定样品中的蛋白质含量(AOAC, 1984);按 Folch 法(Folch *et al.*, 1957)测定脂肪含量;采用苯酚-硫酸法测定碳水化合物含量,标样为葡萄糖(Holland *et al.*, 1971),每个体重组的样品重复测定 4—5 次。

**1.2.2 氨基酸测定和评价** 根据 Chen 等(2007)的方法进行氨基酸分析。具体方法如下,取 0.1g 左右的冷冻干燥样装入 Teflon 玻璃水解管中,加入 6mol/L HCl 8ml,抽真空 10min 后封口,在 110℃水解 24h,冷却后定容至 50ml,过滤后取 1ml 滤液于 50℃水浴中真空干燥。根据样品的量加入一定体积的 0.02 mol/L HCl 溶解,取样 1μl 在日立 H835-50 型氨基酸自动分析仪进行分析,每种规格组各重复测定 3 次。色氨酸的测定采用 5mol/L NaOH 溶液水解,110℃条件下水解 20h 后采用 6mol/L HCl 中和至中性,离心过滤后用于分析,分析条件同上。根据王光慈(2001)将氨基酸分为人体必需氨基酸和非必需氨基酸,根据石建高等(2002)统计呈味氨基酸含量,根据 FAO/WHO/UNU(1985)的标准进行氨基酸分(Amino Acid Score, AAS)计算,计算公式如下:

$$\text{氨基酸分(AAS)} = 100 \times A/B$$

其中, *A* 为瘤背石磺蛋白质中的某种氨基酸含量, *B* 为 FAO/WHO/UNU 标准中同种氨基酸的推荐含量。

**1.2.3 脂类和脂肪酸分析** 根据吴旭干等(2007)的方法进行脂类和脂肪酸分析。用 IAROSCAN<sup>TM</sup> MK-6s 棒状薄层色谱扫描仪(IATRON LABORATORIES INC., Tokyo, Japan)进行脂类组成分析,展层液为正己烷 乙醚 甲酸(42 28 0.3, V/V/V),脂类标准品购自 Sigma 公司。采用三氯化硼法对总脂进行甲脂化处理,旋转蒸发到所需浓度进行脂肪酸分析,所用仪器为 Agilent-6890 气相色谱,毛细管柱型号为 Omegawax320 (30.0m×0.25mm, USA),进样口温度为 200℃,FID 检测器的温度为 260℃,起始柱温为 140℃,逐步升高到 240℃直到所有组分全部出峰,脂类和脂肪酸定量均采用面积百分比法。

### 1.3 数据处理

利用 STAT5.5 软件对实验数据进行统计分析,采用 Levene 法进行方差齐性检验,当不满足齐性方差时,对脂肪酸百分比数据反正弦或者平方根转换,采用 one-way ANOVA 进行方差分析, Duncan's 法进行多重比较,取  $P < 0.05$  为差异显著,  $P < 0.01$  为差异极显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同规格组瘤背石磺肌肉指数和一般营养成分的比较

肌肉是瘤背石磺最大的组织和主要的可食部分,大、中、小三种规格瘤背石磺的肌肉指数分别为 53.12±6.71、57.50±7.45 和 59.91±7.54,随着体重的增加,肌肉指数呈下降趋势,但三者之间差异不显著( $P > 0.05$ )。表 2 为不同规格瘤背石磺肌肉中一般营养

成分含量, 三组瘤背石磺肌肉中水分含量并无显著差异, 均在 83%—85% 之间。随着瘤背石磺的体重增加, 肌肉中蛋白质含量呈下降趋势, 大规格瘤背石磺肌肉中蛋白质含量仅为 55.20%, 显著低于其它两个规格组 ( $P < 0.05$ )。就脂肪含量而言, 尽管不同规格组瘤背石磺肌肉中的脂肪含量并无显著差异, 但是随着体重的增加, 肌肉中脂肪含量呈上升趋势, 由小规格组的 7.59% 上升到大规格组的 9.10%。肌肉中碳水化合物含量随着体重的增加而显著增加, 小规格组肌肉中的碳水化合物含量仅为 7.54%, 而大规格组则为 17.38%, 后者是前者的 2.31 倍。

表 2 不同规格组瘤背石磺肌肉中一般营养成分含量  
Tab.2 Proximate nutrient composition in muscle of *O. struma* among the different size group

脂类成分	小规格	中规格	大规格
水分(%湿重)	85.08±1.14	84.25±1.63	82.97±2.77
粗蛋白含量(%干重)	65.12±2.13 <sup>a</sup>	63.38±4.93 <sup>a</sup>	55.20±1.92 <sup>b</sup>
粗脂肪含量(%干重)	7.59±2.11	8.08±1.92	9.10±2.44
碳水化合物(%干重)	7.54±1.79 <sup>c</sup>	13.82±2.30 <sup>b</sup>	17.38±1.63 <sup>a</sup>

注: 同行数据右上角不含有相同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

## 2.2 不同规格组瘤背石磺肌肉中的氨基酸组成和评价

从表 3 可以看出, 瘤背石磺肌肉中的氨基酸种类丰富, 三种规格组中均检测出 17 种氨基酸, 其中含有 9 种人体必需氨基酸。氨基酸总量分别占肌肉干重的 64.49%、58.50% 和 50.07%, 随着体重的增加, 氨基酸总量呈显著下降趋势。在 9 种必需氨基酸中除甲硫氨酸和色氨酸外, 其它必需氨基酸含量均随着体重的增加而显著下降, 特别是赖氨酸、亮氨酸和缬氨酸下降幅度较大。无论何种规格组, 亮氨酸、赖氨酸和缬氨酸的含量显著高于其它必需氨基酸。就非必需氨基酸而言, 8 种非必需氨基酸均随着体重的升高而显著降低, 其中天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸和精氨酸下降幅度较大, 与小规格组相比, 大规格组瘤背石磺肌肉中的上述氨基酸下降幅度达 22.13%—27.19%。六种呈味氨基酸中, 谷氨酸和天冬氨酸这两种鲜味氨基酸的含量最高, 含量分别在 8%—10% 和 6%—7% 之间, 甜味氨基酸为甘氨酸、丙氨酸和脯氨酸, 含量均在 3%—6% 之间, 精氨酸为苦味氨基酸, 含量在 4.12%—5.59% 之间。整体而言, 呈味氨基酸总量随着体重的增加而显著降低。

参照 FAO/WHO/UNU 的标准对必需氨基酸进行评分, 各种规格瘤背石磺肌肉中的氨基酸分见表 4。不同规格瘤背石磺肌肉中的氨基酸分比较接近, 缬

氨酸分高达 167—183, (蛋氨酸+胱氨酸)分最低, 仅为 32—43 之间, 其次为色氨酸, 氨基酸分在 55—62 之间。其余氨基酸分均大于 100。因此, 瘤背石磺肌肉中的第一限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸, 第二限制性氨基酸为色氨酸。

表 3 不同规格组瘤背石磺肌肉中的氨基酸含量(%干重)  
Tab.3 Amino acid contents in muscle of *O. struma* among the different size group (% dry weight)

氨基酸	小规格	中规格	大规格
异亮氨酸 Ile	1.93±0.33 <sup>b</sup>	1.88±0.01 <sup>b</sup>	1.51±0.03 <sup>a</sup>
亮氨酸 Leu	4.47±0.31 <sup>a</sup>	4.12±0.24 <sup>a</sup>	3.45±0.15 <sup>b</sup>
赖氨酸 Lys	4.82±0.56 <sup>a</sup>	4.46±0.28 <sup>ab</sup>	3.70±0.17 <sup>b</sup>
甲硫氨酸 Met	0.59±0.05	0.45±0.08	0.53±0.09
苯丙氨酸 Phe	2.36±0.13 <sup>ab</sup>	2.26±0.02 <sup>b</sup>	2.17±0.01 <sup>a</sup>
酪氨酸 Tyr	2.30±0.09 <sup>a</sup>	2.11±0.07 <sup>b</sup>	1.76±0.04 <sup>c</sup>
苏氨酸 Thr	2.39±0.12 <sup>a</sup>	2.25±0.16 <sup>ab</sup>	2.05±0.15 <sup>b</sup>
缬氨酸 Val	4.15±0.52 <sup>a</sup>	3.76±0.10 <sup>a</sup>	2.90±0.15 <sup>b</sup>
色氨酸 Trp	0.38±0.04	0.36±0.02	0.34±0.02
必需氨基酸总量 EAA	23.40±1.91 <sup>a</sup>	21.65±0.51 <sup>ab</sup>	18.39±0.21 <sup>b</sup>
天冬氨酸 Asp*	7.23±0.02 <sup>b</sup>	5.92±0.05 <sup>a</sup>	5.63±0.06 <sup>a</sup>
丝氨酸 Ser	2.92±0.04 <sup>a</sup>	2.55±0.25 <sup>b</sup>	2.23±0.04 <sup>c</sup>
谷氨酸 Glu*	10.09±0.11 <sup>a</sup>	9.31±0.37 <sup>b</sup>	7.82±0.18 <sup>c</sup>
甘氨酸 Gly*	5.55±0.30 <sup>a</sup>	5.16±0.10 <sup>a</sup>	4.24±0.19 <sup>b</sup>
丙氨酸 Ala*	4.89±0.15 <sup>a</sup>	4.29±0.13 <sup>b</sup>	3.37±0.06 <sup>c</sup>
组氨酸 His	1.36±0.18 <sup>a</sup>	1.27±0.04 <sup>ab</sup>	0.95±0.17 <sup>b</sup>
精氨酸 Arg*	5.59±0.18 <sup>a</sup>	5.13±0.15 <sup>b</sup>	4.12±0.11 <sup>c</sup>
脯氨酸 Pro*	3.47±0.10 <sup>a</sup>	3.15±0.09 <sup>b</sup>	3.25±0.14 <sup>ab</sup>
非必需氨基酸总量 NEAA	41.11±1.74 <sup>a</sup>	36.85±1.09 <sup>b</sup>	31.67±0.48 <sup>c</sup>
氨基酸总量 TAA	64.49±3.01 <sup>a</sup>	58.50±1.14 <sup>b</sup>	50.07±0.65 <sup>c</sup>
EAA/TAA	0.36	0.37	0.37
呈味氨基酸总量	36.69±0.74 <sup>a</sup>	32.92±0.48 <sup>b</sup>	28.53±0.39 <sup>c</sup>

注: 同行数据右上角不含有相同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), “\*” 为呈味氨基酸

表 4 不同规格组瘤背石磺肌肉中的必需氨基酸评分  
Tab.4 Amino acid score in muscle of *O. struma* among the different size group

氨基酸	小规格	中规格	大规格
异亮氨酸 Ile	107	114	108
亮氨酸 Leu	105	106	105
赖氨酸 Lys	129	131	128
蛋氨酸 Met + 胱氨酸 Cys	36	32	43
苯丙氨酸 Phe + 酪氨酸 Tyr	114	119	125
苏氨酸 Thr	119	112	121
色氨酸 Trp	55	55	62
缬氨酸 Val	183	183	167

### 2.3 不同规格组瘤背石磺肌肉中脂类和脂肪酸组成

不同规格组瘤背石磺肌肉中脂类组成见表 5。仅游离脂肪酸的含量存在显著差异( $P<0.05$ ), 大规格组的游离脂肪酸含量(1.36%)显著高于小规格组(0.83%), 其余脂类组成含量差异不显著。在肌肉总脂肪中, 磷脂含量在 80%以上, 胆固醇占 13%—15%, 游离脂肪酸和甘油三酰仅占 1%左右。

表 5 不同规格组瘤背石磺肌肉中的脂类组成(%总脂)  
Tab.5 Lipid class composition in muscle of *O. struma* among the different size group (% TL)

脂类成分	小规格	中规格	大规格
磷脂/总脂(PL/TL)	83.08±1.50	83.94±1.56	85.11±3.01
胆固醇/总脂(Cho/TL)	14.65±1.35	13.74±1.63	13.00±2.20
游离脂肪酸/总脂(FFA/TL)	0.83±0.27 <sup>b</sup>	1.14±0.15 <sup>ab</sup>	1.36±0.21 <sup>a</sup>
甘油三酰/总脂(TG/TL)	1.44±0.21	1.12±0.37	1.17±0.64

注: 同行数据右上角不含有相同字母表示差异显著( $P<0.05$ )

不同规格组瘤背石磺肌肉中脂肪酸组成见表 6。就饱和脂肪酸(SFA)而言, 肌肉中含有 6 种已知 SFA, 仅 C16:0 和 C23:0 存在一定的差异, 其中 C16:0 (13%左右) 和 C18:0 (7%左右) 的含量显著高于其它 SFA ( $P<0.05$ )。就单不饱和脂肪酸(MUFA)而言, 不同规格组瘤背石磺肌肉中均由 8 种 MUFA 组成, 其中 C14:1n7、C16:1n7、C18:1n7、C18:1n9 和 C20:1n9 为主要的 MUFA, 含量均在 3%以上。其中小规格组的 C16:1n7 和 C18:1n9 含量低于其它两个规格组, 而 C20:1n9 的含量高于其它两个规格组, 其它 MUFA 的含量不存在显著差异。就多不饱和脂肪酸(PUFA)和高度不饱和脂肪酸(HUFA)而言, 肌肉中检测出 10 种已知脂肪酸, 其中 C20:5n3、C20:4n6(AA)和 C22:5n3 的含量要显著高于其它的 PUFA。小规格组的 C18:2n6 明显低于其它两个规格组, 但统计学上无显著差异, 而 C20:5n3、C22:5n3 和 C22:6n3 等 HUFA 的含量随着体重的增加呈下降趋势, 故小规格组的 PUFA 和 HUFA 含量要略高于其它两个规格组。

## 3 讨论

### 3.1 不同规格组瘤背石磺的常规生化成分

瘤背石磺是一种具有重要营养价值和药用价值的经济贝类(张媛溶等, 1986; 王金庆等, 2005a, b), 本研究表明不同规格组瘤背石磺的可食部分(肌肉指数)均在 53%以上, 这远高于贻贝(*Mytilus edulis*)、栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)、杂色蛤(*Philippinarum ruditapes*)和毛蚶(*Scapharca subcrenata*)等常见贝类

表 6 不同规格组瘤背石磺肌肉中的脂肪酸组成(%总脂肪酸)  
Tab.6 Fatty acid composition in muscle of *O. struma* among the different size group (% Total fatty acids)

脂肪酸	小规格	中规格	大规格
C14:00	1.64±0.26	1.80±0.26	1.72±0.15
C15:00	0.72±0.15	0.76±0.10	0.78±0.13
C16:00	13.02±0.20 <sup>b</sup>	13.82±0.86 <sup>a</sup>	13.61±0.43 <sup>ab</sup>
C17:00	0.76±0.11	0.74±0.08	0.90±0.21
C18:00	7.29±0.39	6.90±0.45	7.00±0.38
C23:00	1.39±0.06 <sup>a</sup>	1.31±0.18 <sup>ab</sup>	1.23±0.13 <sup>b</sup>
SFA	24.82±0.90	25.23±1.30	25.24±0.79
C14:1n7	4.13±0.17	4.12±0.46	4.50±0.40
C16:1n7	3.02±0.18 <sup>b</sup>	4.53±1.33 <sup>a</sup>	3.68±1.17 <sup>ab</sup>
C16:1n5	0.75±0.06	0.66±0.13	0.69±0.07
C17:1	0.62±0.03	0.55±0.12	0.58±0.09
C18:1n9	3.98±0.44 <sup>b</sup>	6.45±1.82 <sup>a</sup>	5.18±2.31 <sup>ab</sup>
C18:1n7	4.07±0.21	4.30±0.17	4.07±0.21
C20:1n9	5.33±0.15 <sup>a</sup>	4.82±0.51 <sup>b</sup>	4.80±0.34 <sup>b</sup>
C20:1n7	0.97±0.10	0.91±0.14	0.88±0.15
MUFA	22.78±2.45 <sup>b</sup>	26.34±3.82 <sup>a</sup>	24.43±3.25 <sup>ab</sup>
C18:2n6	1.92±0.12	2.72±0.99	2.36±0.74
C18:3n3	1.01±0.34	1.19±0.47	1.16±0.16
C20:2n6	2.80±0.14	2.75±0.24	2.80±0.14
C20:3n6	0.69±0.07 <sup>b</sup>	0.65±0.07 <sup>b</sup>	0.79±0.12 <sup>a</sup>
C20:4n6	6.43±0.15	6.02±0.58	6.47±0.52
C20:4n3	0.31±0.04	0.37±0.06	0.48±0.10
C20:5n3	9.35±0.18 <sup>a</sup>	8.93±0.34 <sup>b</sup>	8.86±0.15 <sup>b</sup>
C22:2n6	3.08±0.19 <sup>a</sup>	2.62±0.31 <sup>b</sup>	2.38±0.10 <sup>b</sup>
C22:5n3	3.58±0.12 <sup>a</sup>	3.13±0.33 <sup>b</sup>	3.22±0.21 <sup>b</sup>
C22:6n3	2.20±0.18 <sup>a</sup>	2.13±0.06 <sup>ab</sup>	2.02±0.19 <sup>b</sup>
PUFA( 18:2n)	31.74±1.62	30.62±1.04	30.53±0.61
n3PUFA	16.19±0.43	15.61±0.84	15.75±0.52
n6PUFA	15.53±1.70	15.02±0.62	14.78±0.36
n3/n6	1.04±0.05	1.05±0.07	1.07±0.05
HUFA( 20:3n)	22.55±0.22 <sup>a</sup>	21.21±1.16 <sup>b</sup>	21.78±0.90 <sup>ab</sup>
未知	20.45±3.93	17.81±2.51	19.76±2.37

注: 同行数据右上角不含有相同字母表示差异显著( $P<0.05$ )

(20%—30%), 略低于缢蛏(*Sinonovacula constricta*)的 70.1% (林洪等, 2002)。大规格组瘤背石磺肌肉中水分含量为 82%左右, 略高于绿唇鲍(*Haliotis laevis*), 70%—74%)和黑唇鲍(*Haliotis rubra*, 77.4%) (Grubert et al, 2004), 但低于刺参(*Apstichopus japonicus*)的 90%—92% (李丹彤等, 2006)。与小规格组和中规格组相比, 大规格组瘤背石磺肌肉中的蛋白质含量较低, 碳水化合物含量显著升高, 这暗示成体瘤背石磺需要较多的碳水化合物, 究其原因可能与成体瘤背石

磺在交配和产卵期间基本不摄食有关, 推测碳水化合物是瘤背石磺饥饿过程中重要的能量物质, 类似的现象已经在绿鲍(*Haliotis fulgens*)中被证实(Viana *et al.*, 2007)。成体瘤背石磺的肌肉中的脂肪含量较高, 但是主要富含多不饱和脂肪酸的磷脂, 对人体健康有益, 因此成体瘤背石磺的脂类营养价值较高(吴旭干等, 2008)。瘤背石磺具有较强的药用价值, 如催乳、抗高血脂和去湿等功效(王金庆等, 2005a), 可能与其含有的活性多糖有关, 贝类活性多糖的药理效应与组分分析已成为海洋药物研究的热点之一(朱涛等, 2009), 今后需要进一步深入研究瘤背石磺的活性多糖及其药理机制, 以便于科学合理的开发利用瘤背石磺资源。尽管瘤背石磺被称之为“土海参”, 但是其肌肉中的粗蛋白、粗脂肪和碳水化合物含量均显著高于刺参, 而刺参的水分含量比成体瘤背石磺高出近 8% (李丹彤等, 2006), 这可能刺参属于较低等的棘皮动物有关。

### 3.2 不同规格组瘤背石磺的氨基酸含量及其营养评价

野生瘤背石磺从小规格到大规格生长过程中, 必需氨基酸下降了 5.01%, 其中亮氨酸、赖氨酸和缬氨酸下降幅度较大, 这暗示瘤背石磺生长过程中这三种必需氨基酸需求量呈下降趋势, 饲料中的含量可以有所下降。瘤背石磺生长过程中非必需氨基酸含量下降高达 9.44%, 这也说明非必需氨基酸在瘤背石磺生长过程中不如必需氨基酸重要, 非必需氨基酸中天冬氨酸和谷氨酸下降幅度较大。

蛋白质是瘤背石磺肌肉中最主要的营养成分, 本研究结果表明瘤背石磺肌肉中含有 17 种已知氨基酸, 其中人体必需氨基酸 9 种。参照 FAO/WHO/UNU 的标准, 必需氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA)理想比值应为 0.4 左右, 三种规格组瘤背石磺体内的 EAA/TAA 为 0.36—0.37, 这非常接近于 FAO/WHO/UNU 的标准。瘤背石磺煮汤时, 味道十分鲜美, 这可能与体内高含量的呈味氨基酸有关, 特别是谷氨酸和天冬氨酸这两种鲜味氨基酸的含量分别高达在 8% 和 7% 之间, 此外甘氨酸、丙氨酸和脯氨酸这三种甜味氨基酸含量也较高。就必需氨基酸组成而言, 瘤背石磺肌肉中的第一限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸, 第二限制性氨基酸为色氨酸, 其余必需氨基酸含量均符合 FAO/WHO/UNU 的理想模式。

### 3.3 不同规格组瘤背石磺的脂类和脂肪酸组成及其营养评价

瘤背石磺肌肉主要含磷脂和胆固醇两种结构性

脂类, 甘油三酯含量极低, 仅为 1.17%—1.44%, 这说明肌肉不是瘤背石磺脂类物质存储的主要场所, 肌肉中的脂类主要用于形成磷脂双层膜结构(吴旭干等, 2008)。瘤背石磺生长过程中, 肌肉中仅游离脂肪酸含量显著上升, 这暗示成体瘤背石磺的脂类代谢较为旺盛, 需要将结合性脂类水解成游离脂肪酸供生殖消耗(Fernandez-Reiriz *et al.*, 2007)。尽管瘤背石磺肌肉干物质中的胆固醇含量相对较高(1%左右), 由于其肌肉中含有较多的 PL 和 PUFA, 可以显著降低血液中总胆固醇(TC)的浓度, 因为 PUFA 和 PL 有利于高密度脂蛋白(HDL)的形成, 而 HDL 可以运输血液中多余的胆固醇到肝脏而排出体外, 从而有利于人类心血管健康(王光慈, 2001)。

除个别脂肪酸外, 不同规格组瘤背石磺肌肉中的脂肪酸组成不存在显著差异, 这说明瘤背石磺肌肉中的脂肪酸组成比较稳定, 随着个体的生长, 肌肉中脂肪酸组成仍保持相对稳定, 类似的现象在鱼类中也有所报道(沈美芳等, 2000)。瘤背石磺的肌肉的 SFA MUFA PUFA (S M P)接近于 1 1 1, 是人体摄入脂肪酸的理想组成(王光慈, 2001)。n-3PUFA 具有降低血清中的胆固醇和甘油三酯的作用, 而血清中胆固醇和甘油三酯的升高是诱发心血管疾病的重要因素。n-3PUFA 还可以通过调节免疫细胞膜上受体和分子的表达, 影响细胞的免疫反应, 从而降低心血管和炎症疾病的发生率, n-3PUFA 中起主要作用的是 EPA (C20:5n-3)和 DHA (C22:6n-3), 大量研究表明 DHA 和 EPA 具有健脑、预防老年痴呆、防治癌症、保护视力、减少脂肪在血管壁的沉积以及提高血管的韧性等功能(Gil, 2002)。n3-PUFA/n6-PUFA 值是衡量食品中脂肪酸营养的重要指标(FAO, 1994; Chen *et al.*, 2007), 通常认为比值越高, 该食品中的脂肪酸营养价值越高, 本研究表明瘤背石磺肌肉中的 n3-PUFA/n6-PUFA 值为 1.0 左右, 这远高于 FAO/WHO(1994)推荐的人体摄食比值(0.1—0.2)。此外成体瘤背石磺肌肉中的 PUFA 和 HUFA 分别达 30.53% 和 21.78%, 其中 C20:4n6 和 C20:5n3 含量均高于 6%, 因此, 瘤背石磺肌肉具有较高的脂肪酸营养价值。

## 4 小结

不同规格瘤背石磺的主要可食部分(肌肉)比例在 53.12%—59.91%, 不同规格组之间并无显著差异。随着体重的增加, 瘤背石磺肌肉中的蛋白质含量呈下降趋势, 而脂肪和碳水化合物含量呈上升趋势, 大

规格组瘤背石磺肌肉中的蛋白质、脂肪和碳水化合物含量分别为 55.20%、9.10%和 17.38%。瘤背石磺肌肉中检测出 17 种氨基酸,其中含有 9 种人体必需氨基酸。随着体重的增加,肌肉中的氨基酸总量呈显著下降趋势,其中天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸和精氨酸下降幅度较大。天冬氨酸和谷氨酸为瘤背石磺肌肉中的主要鲜味氨基酸,除蛋氨酸+胱氨酸和色氨酸外,其余必需氨基酸含量均符合 FAO/WHO/UNU (1985)的理想模式。不同规格组瘤背石磺肌肉中的脂类和脂肪酸组成接近,肌肉中的脂肪酸组成平衡(S M P 接近于 1 1 1),成体肌肉中的 n3-PUFA/n6-PUFA 值为 1.0 左右,而 PUFA 和 HUFA 分别达 30.53%和 21.78%。因此,成体瘤背石磺肌肉具有较高的营养价值。

### 参 考 文 献

- 王光慈, 2001. 食品营养学. 北京: 中国农业出版社, 19—24
- 王金庆, 成永旭, 吴旭干等, 2005a. 瘤背石磺的形态、习性和生殖行为. 动物学杂志, 40(1): 32—40
- 王金庆, 成永旭, 吴旭干等, 2005b. 瘤背石磺的胚胎和幼虫发育. 上海水产大学学报, 14(2): 108—115
- 王金庆, 成永旭, 吴旭干等, 2006. 瘤背石磺的生殖系统和性腺发育. 动物学杂志, 41(1): 19—26
- 石建高, 钟文珠, 陶礼民, 2002. 柔鱼不同部位的呈味物质含量比较. 上海水产大学学报, 11(1): 58—61
- 朱 涛, 李朝品, 2009. 贝类多糖抗肿瘤作用的研究进展. 中国医疗前沿, 4(4): 24—26
- 李丹彤, 常亚青, 陈 炜等, 2006. 獐子岛野生刺参体壁营养成分的分析. 大连水产学院学报, 21(3): 278—282
- 吴旭干, 成永旭, 唐伯平等, 2007. 瘤背石磺产卵前后体内的脂类和脂肪酸组成的变化. 动物学报, 53(6): 1089—1100
- 吴旭干, 唐伯平, 成永旭等, 2008. 成体瘤背石磺脂类和脂肪酸组成的研究. 中国水产科学, 15(3): 431—438
- 邱立言, 1991. 苏沪沿海瘤背石磺的形态和习性. 动物学杂志, 26(3): 33—36
- 沈和定, 陈汉春, 陈贤龙等, 2006. 石磺繁殖生物学的实验研究. 水产学报, 30(6): 753—760
- 沈美芳, 吴光红, 殷 悦等, 2000. 塘养一龄与二龄暗纹东方鲀鱼体的生化组成. 水产学报, 34(5): 432—437
- 张媛溶, 周昭曼, 卢卫平等, 1986. 上海沿海蛤蜊石磺的初步研究. 见: 中国贝类学会编. 贝类学论文集第二辑. 北京: 科学出版社, 153
- 林 洪, 吕 青, Khalid Janil 等, 2002. 贻贝等六种软体动物磷脂的比较. 水产学报, 24(2): 175—179
- 胡 冰, 杨筱珍, 吴旭干等, 2008. 不同体重规格瘤背石磺两性腺发育规律的研究. 动物学研究, 29(2): 145—151
- 黄金田, 王爱民, 2008. 瘤背石磺营养成分分析及品质评价. 海洋科学, 32(11): 29—35
- 黄金田, 沈伯平, 王资生, 2004. 瘤背石磺的生态习性观察. 海洋渔业, 26(2): 103—109
- 滕炜鸣, 吴旭干, 唐伯平等, 2007. 瘤背石磺滩涂生态繁殖的初步研究. 海洋渔业, 29(3): 214—220
- AOAC, 1984. In: Williams S ed. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 14<sup>th</sup> edn. Arlington, VA, USA, 114
- Chen D W, Zhang M, Shrestha S, 2007. Compositional characteristics and nutritional quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). Food Chemistry, 103: 1343—1349
- FAO/WHO, 1994. Fats and oils in human nutrition. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, 19 to 26 October 1993, Rome, 168
- FAO/WHO/UNU, 1985. Energy and protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU expert consultation, World Health Organization technical report series 724. WHO, Geneva, 121—123
- Fernandez-Reiriz M J, Perez-Camacho A, Delgado M *et al*, 2007. Dynamics of biochemical components, lipid classes and energy values on gonadal development of *R. philippinarum* associated with the temperature and ingestion rate. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular & Integrative Physiology, 147: 1053—1059
- Folch J, Lees M, Sloane S G, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J Biol Chem, 226: 497—509
- Gil A, 2002. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory disease. Biomedicine and Pharmacotherapy, 56: 388—396
- Grubert M, Dunstang A, Ritar A J, 2004. Lipid and fatty acid composition of pre- and post-spawning blacklip (*Haliotis rubra*) and greenlip (*Haliotis laevis*) abalone conditioned at two temperatures on a formulated feed. Aquaculture, 242: 297—311
- Holland D L, Cabbott P A, 1971. A micro-analytical scheme for the determination of protein, carbohydrate, lipid and RNA levels in marine invertebrate larvae. J Mar Biol Assoc UK, 51: 659—668
- Viana M T, D'abramo L R, Gonzalez M A *et al*, 2007. Energy and nutrient utilization of juvenile green abalone (*Haliotis fulgens*) during starvation. Aquaculture, 264: 323—329

## BIOCHEMICAL COMPOSITION AND NUTRITIONAL EVALUATION IN THE MUSCLE OF DIFFERENT SIZE *ONCHIDIUM STRUMA*

HE Shi-Shui<sup>1</sup>, WU Xu-Gan<sup>2</sup>, TENG Wei-Ming<sup>2</sup>, WANG Hong-Kai<sup>1</sup>, CHENG Yong-Xu<sup>2</sup>

(1. College of Life Sciences, Zaozhuang University, Zaozhuang, 277160; 2. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Shanghai Ocean University, Shanghai, 201306)

**Abstract** *Onchidium struma* is a commercially important mollusk with high nutritional and pharmic value. However, the culture technology of all life stage of *O. struma* (broodstock, larvae and juveniles) has not been established in China. Although there were many research reports on morphological characteristics, reproductive behavior, ecological habits, embryonic development and gonadal development of *Onchidium* spp., no available information could be found on the biochemical composition and nutritional evaluation for the different size *O. struma*. The experiments were conducted to investigate and compare proximate nutrients, lipid class, fatty acid composition and amino acid composition among the different size adult *O. struma* by biochemical analysis. With the increase of body weight, a decreasing trend could be detected on the muscular index and protein level among three size group while an increasing trend could be found on the total lipids and carbohydrate among three size group of *O. struma*. The crude protein, total lipids and carbohydrate of large size group of *O. struma* were 55.20%, 9.10% and 17.38%, respectively. *O. struma* muscle contained seventeen type amino acids, and nine essential amino acids could be found for human consumption. With the increase of body weight, total amino acids contents (% dry weight) decreased dramatically. As for the nutritional value of amino acid, Asp and Glu were two types of main delicious amino acids while Met+Cys and Trp were two limited amino acids for *O. struma* muscle meat. (4) All size group *O. struma* muscle had very similar lipid class and fatty acid profile, and more than 80% of total lipids were phospholipids. Because the ratio of saturated fatty acids: mono-unsaturated fatty acids: poly-unsaturated fatty acids was close to 1 : 1 : 1, fatty acid nutritional value of *O. struma* muscle was high and balanced.

**Key words** *Onchidium struma*, Different size, Biochemical composition, Nutritional evaluation, Muscle