

2 种壳色皱纹盘鲍营养成分的比较

陈 炜^{1,2}, 孟宪治², 陶 平²

(1. 农业部海洋水产增养殖学与生物技术重点开放实验室, 辽宁 大连 116023; 2. 大连水产学院 生命科学与技术学院, 辽宁 大连 116023)

摘要:对皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino) 2 种壳色个体——红壳个体和绿壳个体的一般营养成分、矿物元素以及脂肪酸的组成和含量进行比较研究。结果表明, 两者对应组织(足肌、内脏、生殖腺)中水分、蛋白质、粗脂肪、灰分的含量基本无差异; 内脏灰分颜色均为红褐色, 但足肌灰分颜色明显不同, 绿壳个体呈灰白色而红壳个体则呈浅砖红色。矿物元素的分析结果进一步显示, 足肌中除了 Ca 之外, 所测元素的含量均以红壳个体为高, 其中 Fe、Cu、Mn 的含量为绿壳个体的 2~3 倍; 红壳个体贝壳中 Mn 的含量亦较高, 约为绿壳个体的 2 倍。两者上述对应组织的脂肪酸种类相同, 含量基本一致。此外, 粗脂肪、无机元素含量以及脂肪酸的组成和含量在不同组织之间存在较明显的差别。

关键词:皱纹盘鲍; 营养成分; 比较分析; 贝壳颜色

中图分类号: S968.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2004)04-0367-04

皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino) 分布于太平洋西北部海域, 是鲍科中最重要的经济种之一。在自然海域, 其外壳的颜色通常为暗绿褐色或棕褐色; 人工养殖的鲍壳色多呈翠绿色(商品名称为翡翠鲍, 本文称绿壳个体), 少量变异个体壳色呈浅砖红色(商品名称为玛瑙鲍, 本文称红壳个体)。自 20 世纪 90 年代中期开始, 大连市水产研究所对红壳变异个体进行了定向培养, 并就其性产物排放诱导率、孵化率、幼虫附着率、稚鲍生长率、对不良环境的抗性以及不同组织的乳酸脱氢酶(LDH)电泳图谱等方面与绿壳个体进行了比较研究^[1]。关于皱纹盘鲍营养成分方面虽有报道^[2-4], 但对其红壳和绿壳个体营养成分的比较研究尚未见报道。本研究就一般营养成分、无机元素、脂肪酸组成和含量, 对皱纹盘鲍红壳个体和绿壳个体进行比较分析, 旨在为开发鲍的优良品种提供科学依据, 进一步丰富和完善鲍的营养基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料

2001 年 4 月于大连水产研究所养鲍场随机抽取处于繁殖前期的红壳和绿壳样本各 10 枚(表 1)。红壳样本为绿壳群体中红壳变异个体的子一代。两者为同期育苗个体, 养殖环境、饵料和饲养方式一致。

活体解剖, 分别取足部肌肉、生殖腺、内脏(本文指除去腹足肌和生殖腺后剩余的软体部分), 捣碎匀浆, 取部分样品测定脂肪酸。其余部分于(60±1)℃烘干, 研细, 过 80 目筛, 置于干燥器中备用其他指标。

1.2 分析方法

表 1 皱纹盘鲍的规格(n=10)

Table 1 Average size of *Haliotis discus hannai* (n=10)
 $\bar{X} \pm SD$

样本 Sample	壳长/cm Shell length	壳宽/cm Shell width	湿重/g Fresh weight	软体部比例/% Ratio of soft-body *
红壳 Red	7.02 ± 0.36	4.65 ± 0.33	46.22 ± 7.21	73.98 ± 0.60
绿壳 Green	6.82 ± 0.12	4.64 ± 0.28	41.66 ± 2.15	75.23 ± 3.45

* 指软体部占湿重的比例。

* Ratio of soft-body weight to body fresh body weight.

1.2.1 一般营养成分 水分、灰分、蛋白质、粗脂肪分别用直接干燥法、高温灼烧法、半微量凯氏定氮法和索氏抽提法测定^[5]。

1.2.2 无机元素 用硝酸-高氯酸湿法消化。用 Pye Unicam Sp9-400 原子吸收光谱仪测定 Ca、Mg、Fe、Zn、Mn、Cu 的含量。

1.2.3 脂肪酸 按照改进的 Folch 法^[6](氯仿与甲醇体积比 2:1)萃取脂质, 将所得脂质用 KOH-甲醇于 70℃下水解后, 用 BF₃ 催化法^[7]制取脂肪酸甲酯。最后转移浓缩到石油醚中, 在岛津 GC-9A 型气相色谱仪上测定。

色谱测定条件: 采用 30 m×0.25 mm 的 FFAP 抗氧化交联石英毛细管色谱柱(中国科学院大连化学物理研究所)。

收稿日期: 2003-11-13; 修订日期: 2004-02-09。

作者简介: 陈 炜(1968-), 女, 高级实验师, 硕士, 从事水产动物营养及水质研究。E-mail: chenwei@dlfu.edu.cn

FID 为检测器, N_2 为载气, 流速 17 mL/min。柱温由 160 ℃ 以 2 ℃/min 的速度升至 230 ℃, 并保持至出峰完毕, 进样口温度 260 ℃。采用部分脂肪酸甲酯标准样品 (SIGMA 公司和上海试剂一厂) 与 ECL 值^[8-10]相结合的方法定性, 采用面积归一化法定量。

2 结果

2.1 一般营养成分

2 种壳色皱纹盘鲍一般营养成分含量见表 2。

由表 2 可见, 2 种壳色个体对应组织中水分、灰分、蛋白质和粗脂肪的含量基本一致。但无论是红壳还是绿壳个体, 不同组织中的粗脂肪含量明显不同: 内脏和生殖腺中的粗脂肪含量明显高于足肌, 而雌性生殖腺又明显高于雄性。值得注意的是, 2 种壳色个体足肌灰分的颜色明显不同, 红壳个体呈浅砖红色, 绿壳个体则呈灰白色; 两者内脏灰分颜色一致, 都呈红褐色。

表 2 皱纹盘鲍的一般营养成分

Table 2 Nutritional composition of *Haliotis discus hannai*

% , FW

营养成分 Nutritional composition	足肌 Muscle		内脏 Viscera		生殖腺 Gonad			
	红壳 Red	绿壳 Green	红壳 Red	绿壳 Green	红壳雌 Red ♀	红壳雄 Red ♂	绿壳雌 Green ♀	绿壳雄 Green ♂
水分 Moisture	80.46	79.50	77.68	78.06	/	/	/	/
粗脂肪 Lipid	1.01	1.04	5.06	5.49	6.95	2.26	5.93	2.91
蛋白质 Protein	11.56	11.49	12.41	13.76	/	/	/	/
灰分 Ash	2.27	2.16	2.63	2.65	/	/	/	/

2.2 矿物元素含量

2 种壳色皱纹盘鲍矿物元素含量见表 3。由表 3 可见, 各元素的含量在 2 种壳色皱纹盘鲍之间存在若干差异: 足肌中除了 Ca 之外, 所测元素均以红壳个体含量为高, 其中 Fe、Cu、Mn 的含量为绿壳个体的 2~3 倍; 红壳个体贝壳中 Mn 的含量较高, 约为绿壳个体的 2 倍。这一结果解释了两足肌灰分颜色差异的原因是因为铁元素含量不同造成的。

2 种壳色皱纹盘鲍内脏中 Fe、Mn、Zn、Ca、Mg 的含量均高于足肌, 其中 Fe 的含量为足肌的 10~26 倍, Mn 为足肌的 5~10 倍, Zn 为足肌的 4~6 倍。由于内脏中铁的含量较多, 因此其灰分颜色呈红褐色。

表 3 皱纹盘鲍矿物元素含量

Table 3 Content of mineral elements in *Haliotis discus hannai*

mg/(100g)

元素 Element	足肌 Muscle		内脏 Viscera		贝壳 Shell	
	红壳 Red	绿壳 Green	红壳 Red	绿壳 Green	红壳 Red	绿壳 Green
Ca	48.9	51.1	65.0	76.4	2.23×10^4	2.19×10^4
Mg	510	387	530	564	44.0	58.0
Fe	17.46	5.85	180.6	153.2	1.88	2.63
Zn	5.17	3.35	19.52	18.85	0.80	0.81
Cu	9.50	3.45	3.03	2.81	0.25	0.33
Mn	0.11	0.05	0.52	0.48	0.31	0.15

2.3 脂肪酸组成和含量

2 种壳色皱纹盘鲍的脂肪酸组成和含量见表 4。由表 4 可见, 皱纹盘鲍各组织的脂肪酸具有共同特点: 以不饱和脂肪酸为主 (65%~71%); 不饱和脂肪酸中以多不饱和脂肪酸 (PUFA) 为主 (雌性生殖腺除外), 含量为不饱和脂肪酸的 66%~72%; 在 PUFA 中, 高度不饱和脂肪酸 (HUFA) 占绝对优势, 为 PUFA 的 73%~96%。

2 种壳色个体对应组织的脂肪酸组成和含量相近。不同组织的脂肪酸种类和含量差别较大。内脏中 $C_{14:0}$ 、 $C_{18:3n-3}$ 、 $C_{18:4n-3}$ 和 $C_{20:3}$ 的含量明显高于足肌, 而 $C_{22:4n-6}$ 、 $C_{22:5n-3}$ 的含量明显低于足肌。雌、雄个体生殖腺的脂肪酸含量亦存在一定差异: 雌性生殖腺中 $C_{14:0}$ 、 $C_{18:1}$ 、 $C_{18:1}$ 、 $C_{20:1}$ 的含量高于雄性, 而 $C_{18:0}$ 、 $C_{20:5n-3}$ 、 $C_{22:5n-3}$ 的含量则明显低于雄性; 雌性生殖腺的单不饱和脂肪酸 (MUFA) 含量约为雄性的 2 倍, 而 PUFA 和 HUFA 的含量仅为雄性的一半。

3 讨论

鲍的营养成分随其饵料种类的不同而有所不同, 鲍壳的色泽主要与摄食的饵料种类密切相关, 与鲍的种类及生理代谢等内在因素亦有关^[11]。本实验的研究对象是在饵料、养殖环境及饲养方式完全一致条件下分化的 2 种壳色个体, 因此可以排除饵料等外界因素的影响, 所产生的差异有可能与两者不同的生理代谢机制有关, 亦可能与种质变异有关。但是要证实这一点, 还需要进行更深层次的研究。

无机元素参与机体的许多生理活动及物质能量代谢, 特别是微量元素, 它们参与酶的合成, 构成某些生物活性物质, 促进机体正常的生理活动。例如 Fe、Cu、Zn、Mn 等元素是某些金属酶分子活性中心不可缺少的组成成分或者作为激活剂影响酶的活性^[12]。赵洪恩等^[1]对红壳和绿壳皱纹盘鲍乳

酸脱氢酶(LDH)电泳谱图的比较表明,两者内脏的LDH谱图明显不同,而且红壳个体内脏中LDH的活性较高,绿壳个体则未检测出活性。本实验结果表明,2种壳色个体的Fe、Cu、Mn元素的含量明显不同,红壳个体足肌中的Fe、Cu、Mn元素含量明显高于绿壳个体,红壳个体贝壳中Mn含量亦明显高于绿壳个体。这是否与酶的活性及外壳的颜色有关,尚需进一步研究。

生物体脂肪酸组成和含量主要与生物种类有关,不同物种具有一定的特征性,除此之外还受饵料、环境条件、饲养方式等因素的影响。本研究中皱纹盘鲍上述各条件一致,因此

2种壳色个体脂肪酸组成和含量几乎没有差异属正常现象。由此推论,皱纹盘鲍壳色的变异与机体脂肪酸组成和含量相关性不大。

已证实PUFA,尤其是其中的HUFA具有降血脂、降血压、抑制血小板凝集,以及提高生物膜流动性、柔韧性、抗炎、抗肿瘤和免疫调节之功效^[1]。对可食部分足肌而言,皱纹盘鲍是典型的高蛋白、低脂肪食品(表2),脂肪的量虽少(约占1%),但其质不容忽视,足肌中HUFA含量高达42%。此外,内脏亦具有较高的营养价值,应当充分利用。

表4 皱纹盘鲍足肌、内脏及生殖腺中脂肪酸的组成
Table 4 Composition of fatty acids in muscle, viscera and gonad of *Haliotis discus hannai* %

脂肪酸 Fatty acids	足肌 Muscle		内脏 Viscera		雌性生殖腺 Gonad ♀		雄性生殖腺 Gonad ♂	
	红壳 Red	绿壳 Green	红壳 Red	绿壳 Green	红壳 Red	绿壳 Green	红壳 Red	绿壳 Green
C _{14:0}	4.9	4.8	13.2	12.7	8.4	9.4	2.4	4.0
C _{14:1}	/	/	/	/	0.5	0.4	/	/
C _{15:0}	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3
C _{15:1}	0.4	0.3	/	/	/	/	/	/
C _{16:0}	16.6	15.7	16.2	15.4	17.8	19.5	16.2	17.9
C _{16:1}	2.4	2.3	2.3	2.0	8.2	6.0	1.6	1.9
C _{17:0}	0.4	0.4	/	/	0.3	0.3	0.5	0.5
C _{17:1}	2.6	2.0	/	/	0.4	0.2	0.6	0.6
C _{18:0}	4.1	4.5	2.6	2.7	2.0	2.5	4.8	4.5
C _{18:1}	12.5	12.8	11.9	11.9	23.9	22.7	12.7	14.9
C _{18:2n-6}	2.3	2.3	2.8	2.7	1.0	1.3	0.9	1.2
C _{18:3n-6}	/	/	0.5	0.5	/	/	/	/
C _{18:3n-3}	0.7	1.0	3.8	4.0	0.7	1.4	0.6	1.0
C _{18:4n-3}	0.4	0.5	4.5	5.3	0.6	1.3	0.4	1.0
C _{20:1}	3.7	3.6	8.1	7.8	9.0	7.7	4.8	5.1
C _{20:2n-6}	/	/	0.8	0.6	0.9	0.7	0.6	0.5
C _{20:3n-6}	/	/	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4	0.3
C _{20:4n-6}	11.3	12.0	7.6	7.3	5.9	6.3	7.1	7.0
C _{20:5n-3}	/	/	0.3	0.3	/	/	/	/
C _{20:4n-3}	/	/	1.8	2.6	0.4	0.8	0.3	0.3
C _{20:5n-3}	11.3	11.3	10.9	11.9	4.5	6.2	23.8	23.7
C _{22:2}	6.0	5.8	4.9	4.1	4.6	4.0	2.6	2.8
C _{22:3n-6}	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3
C _{22:4n-6}	3.0	2.9	1.0	0.8	2.0	1.4	1.7	1.4
C _{22:5n-3}	10.0	10.2	4.4	4.2	4.6	4.1	11.3	9.3
ΣSFA	26.6	25.9	32.4	31.1	28.7	31.9	24.3	27.1
ΣMUFA	21.6	21.0	22.2	21.8	42.0	37.1	19.7	22.2
ΣPUFA	45.4	46.3	44.2	45.4	26.1	28.3	49.9	48.8
ΣHUFA	42.0	42.5	32.6	32.9	23.8	24.3	48.0	45.6

4 小结

- (1)皱纹盘鲍红壳和绿壳个体的水分、灰分、蛋白质和粗脂肪含量基本无差别,说明两者的营养价值基本一致。
- (2)皱纹盘鲍红壳和绿壳个体的矿物元素含量存在明显差别。红壳个体足肌中Fe、Cu、Mn的含量约为绿壳个体的2~3倍;红壳个体贝壳中Mn的含量约为绿壳个体的2倍。无论是红壳个体还是绿壳个体,内脏中Fe、Mn、Zn的含量均高于足肌。今后应在微量元素及各种与之有关的酶方

- 面进行深入研究。
- (3)皱纹盘鲍2种壳色个体对应组织的脂肪酸组成和含量非常相似,但不同组织之间差别较大,雌、雄个体生殖腺之间亦存在一定差异。

致谢:大连市水产研究所赵洪恩研究员、张金世高级工程师为本研究提供了宝贵的样本,在此表示衷心感谢!

参考文献:
[1] 赵洪恩,张金世,黄丽红,等. 关于玛瑙鲍的探索与研究[J].

- 水产科学, 1999, 18(6): 3-6.
- [2] 王左, 童圣英, 袁松年. 在人工养殖和天然生长条件下对虾和鲍鱼中蛋白质及脂类组成的研究[J]. 大连水产学院学报, 1989, 4(2): 27-31.
- [3] 李太武, 丁明进, 刘金屏, 等. 皱纹盘鲍及其饵料营养成分的研究[J]. 海洋科学, 1995(1): 52-57.
- [4] Hayashi K, Yamada M. Studies on the lipids of shell-fish- I. On the visceral lipid composition of abalone, *Haliotis discus hannai* (Ino) [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1972, 38(3): 255-263.
- [5] 中国预防医学科学院标准处. 食品卫生国家标准汇编[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988. 346-353.
- [6] Christie W W. Lipid Analysis (2nd) [M]. Oxford: Pergamon Press, 1982. 22.
- [7] Metcalfe L D, Schmitz A A, Peaka J R, et al. Rapid preparation of fatty acids esters from lipids for gas chromatographic analysis [J]. Analyt Chem, 1966, 38: 514-515.
- [8] Ackman R G. Analysis of oils and fats [M]. London: Elsevier Appl Sci Pub, 1986. 137-206.
- [9] Ackman R G. Simplification of analyses of fatty acids in fish lipids and related lipid samples [J]. Acta Med Scand, 1987, 222: 99-103.
- [10] Christie W W. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas chromatography: A reappraisal [J]. J Chromat, 1988, 447: 305-314.
- [11] 高绪生, 王琦, 王仁波, 等. 鲍鱼[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2000. 96-98.
- [12] 杨顺江. 动物微量元素营养学[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1989. 10-15, 95-114, 124-224.
- [13] 杭晓敏, 唐涌谦, 柳向龙. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 生物工程进展, 2001, 21(4): 18-21.

Comparative studies on nutritional composition of abalone *Haliotis discus hannai* between two shell-color stocks

CHEN Wei^{1,2}, MENG Xian-zhi², TAO Ping²

(1. Key Laboratory of Mariculture & Biotechnology, Ministry of Agriculture, PRC, Dalian 116023, China; 2. College of Life Science and Technology, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China)

Abstract: Nutrient content, including minerals and fatty acids were comparatively analysed between red shell and green shell stocks of adult abalone (*Haliotis discus hannai*). Ten individuals of each stock were obtained from Dalian Marine Research Institute in April of 2001. The red shell abalone was the first filial generation (F_1) of variants of the green shell stock. Both stocks were bred at the same condition. The samples were vivisectioned. The biochemical composition of muscle, viscera, gonad and shell was analysed. Moisture, protein, lipid and ash were determined. The fatty acids composition was determined by gas chromatography. The mineral (Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu) contents were determined by atomic absorption spectrometry. The results showed that the levels of moisture, protein, lipid and ash in muscle, gonad and viscera of red shell stock were similar to those in green shell stock. Moisture content in muscle and viscera was 77.68% - 80.46%. The contents (% wet weight) of protein, lipid and ash were 11.49% - 11.56%, 1.01% - 1.04%, 2.16% - 2.27% in muscle, and 12.41% - 13.76%, 5.06% - 5.49%, 2.63% - 2.65% in viscera. Lipid content in female gonad was 2-3 times as high as that in male. The ash color of viscera of the two stocks of abalone was red brown; the ash color of muscle was different, and the ash color of green shell abalone was grey white, the ashcolor of red one was light red brown. It was found that the contents of Mg, Fe, Zn, Mn, Cu in muscle of red shell stock were higher than those of the green shell stock, and the contents of Fe, Cu, Mn were 2-3 times as high as those of the green shell abalone. This experiment also showed that the content of Mn in red shell was approximately 2 times as high as that in green shell. The composition and the content of fatty acids were also very similar between the two shell-color stocks. They were PUFA > SFA > MUFA except for those in gonad of female. The ratio of HUFA to PUFA was 73% - 96%. In addition, there was significant difference in contents of lipid, mineral elements and fatty acids between different tissues of abalone.

Key words: *Haliotis discus hannai*; nutritional composition; comparative analysis; shell color