

DOI: 10.3724/SP.J.1035.2012.00018

不同水生脊椎动物的血清与黏液蛋白图谱分析

欧 铜 雷晓颖 张奇亚

(中国科学院水生生物研究所, 淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072)

摘要: 因脊椎动物的血清与黏液中含有大量蛋白质及其他生物活性物质, 而具有多种生理、生化与抗病防御功能。为了解水生脊椎动物血清与黏液中所含主要蛋白成分及其异同, 我们分别从中华鲟(*Chinese sturgeon Aclpenser sinensis grdy*)、鲫鱼(*Crucian carp Carassius auratus*)、草鱼(*Grass carp Ctenopharyngodon idellus*)、赤点石斑鱼(*Red-spotted grouper Epinephelus akaara*)、青石斑鱼(*Banded grouper Epinephelus awoara*)、狗鱼(*Pikes Esox reicherti*)、江豚(*Finless porpoise Neophocaena phocaenoides*)、黄颡鱼(*Yellow catfish Pelteobagrus fulvidraco*)、鳊鱼(*Mandarin fish Siniperca chuatsi*) 这9种水生脊椎动物中, 采集血清和皮肤黏液样本。利用考马斯亮蓝 G-250 法, 测定了不同水生脊椎动物的血清和黏液样品中总蛋白的含量; 经 SDS-PAGE 蛋白电泳, 分别获得不同水生脊椎动物血清及黏液蛋白图谱; 比较和分析了同种动物血清和黏液、不同动物之间血清与血清或黏液与黏液之间蛋白图谱的差异。结果表明: 这些动物的血清蛋白组分有显著相似性, 在分子量 45—120 kD 之间, 蛋白条带大量集中分布; 除青石斑鱼外, 其他8种水生脊椎动物都有分子量约为 28 kD 和 14 kD 相同或相近的两条蛋白带。草鱼、鲫鱼、鳊鱼、狗鱼、黄颡鱼和江豚的黏液蛋白, 除了都含有分子量大小约为 45 kD 的蛋白条带外, 其他无显著相似性。对同种水生脊椎动物的血清与黏液蛋白比较, 虽然黄颡鱼的血清与黏液中分子量相近的蛋白带最多, 也仅约为 38%, 可见其蛋白带的种类和含量都存在显著差异。

关键词: 水生脊椎动物; 血清; 皮肤黏液; 蛋白图谱; SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳
中图分类号: Q51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2012)01-0018-06

水生脊椎动物生活在水体环境中, 有着复杂和多变的生理生化反应。血液在调节水生脊椎动物生理生化反应, 维持机体内的平衡, 保证其各种生命活动有序进行, 起着至关重要的作用。黏液是水生脊椎动物与外界水体环境交流的平台, 在呼吸活动、离子交换与渗透压调节、个体之间信号交流、子代抚育、抵抗病原微生物入侵、减少游动阻力等等许多方面, 都有不可或缺的作用^[1-3]。在对日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)的研究中, 虽了解到黏液中含有大量不同种类的蛋白质^[4], 但尚缺乏对不同水生动物血清与黏液蛋白组成与含量之间差异的认识。血清和黏液中生物活性物质种类与数量的多样性, 在一定程度上体现出它们生物功能的多样性。对水

生脊椎动物血清和黏液中所含主要蛋白异同的了解, 将有助于更好地了解其血清和黏液的生理生化功能, 从而认识它们在复杂水环境中的应对与适应过程。因此, 我们以分类地位不同的9种水生动物为对象, 开展了相关研究。

1 材料与方法

1.1 材料

鳊鱼、黄颡鱼、赤点石斑鱼、青石斑鱼、大菱鲆为购自武汉水产品市场的成龄鱼; 鲫鱼、草鱼为取自关桥渔场的2龄鱼; 狗鱼为从新疆空运来的2龄鱼; 中华鲟则为来自长江水产所实验场的2龄鱼; 江豚材料来自关桥豚馆的成年豚。实验鱼取回实验

收稿日期: 2010-11-18; 修订日期: 2011-08-26

基金项目: 国家自然科学基金(30871938, 31072239); 农业公益行业专项(200803013); 国家重点实验室(O85B16-1-F01)资助

作者简介: 欧铜(1987—), 男, 湖南岳阳人; 在读研究生; 主要从事水生动物病毒及分子生物学研究。 E-mail: ot81061017@163.com

通讯作者: 张奇亚, E-mail: zhangqy@ihb.ac.cn

室后, 在室温下, 用曝气的自来水暂养一周, 每天换水一次, 投食一次。分别按下列方法收集黏液和血清。

1.2 黏液的收集

先用蒸馏水将鱼体冲洗三次, 按重量体积比 1 g/5 mL, 将鱼置于含 0.65% 生理盐水的容器中浸泡 0.5h, 然后取出, 用干净的载玻片从实验动物体表轻轻地刮取黏液, 收集在灭菌三角瓶或烧杯中, 加等体积生理盐水充分混匀, 在 4℃ 条件下, 12 000 r/min 离心 15min, 收集上清, 保存于-20℃。

1.3 血清的采集

采用尾部静脉抽血的方法, 采集实验鱼血液, 室温静置 0.5h, 4℃ 过夜, 然后 9342 r/min 离心 15min, 将上清转移至 EP 管中, -20℃ 保存。

1.4 血清和黏液样品中总蛋白含量的测定

考马斯亮蓝 G-250 法测定血清和黏液样品中的总蛋白含量^[5]。考马斯亮蓝 G-250 蛋白显色剂的配置: 100 mg 的考马斯亮蓝 G-250 溶于 50 mL 95% 的乙醇中, 加入 100 mL 85% 的磷酸, 再用双蒸水定容至 1000 mL, 滤纸过滤。蛋白标准溶液配置: 用蒸馏水配制 1000 μg/mL 的牛血清白蛋白溶液, 分别用 PBS 将其稀释至 0、20、40、60、80、100、120 μg/mL, 再各取 1 mL 与 5 mL 的蛋白显色剂充分混合, 室温静置 5min, 0 μg/mL 溶液作空白对照, 分光光度计 595 nm 波长处检测吸光值, 重复测量三次, 取平均值。以标准蛋白浓度为横坐标, 吸光值为纵坐标, 在 excel 中得出标准曲线和回归方程。血清和黏液样品中总蛋白含量的测定: PBS 对血清和黏液样品进行稀释, 按上述步骤, 595 nm 处检测稀释样品吸光值, 重复测量三次, 取平均值, 作为 Y 值, 代入标准曲线方程, 得到稀释后样品的蛋白浓度 (μg/mL), 再乘以相应的稀释倍数, 即得到各样品的总蛋白浓度。

1.5 血清和黏液的蛋白电泳

将收集的血清和黏液样品解冻, 根据以上所测定各样的蛋白浓度, 将含蛋白浓度高的样品适当稀释, 以保证上样的蛋白总量尽量接近, 有可比性。稀释后样品按 1:1 的比例, 与上样缓冲液混合, 煮沸 6min, 冷却后 5721 r/min 离心 30s, 取上清加样。浓缩胶浓度为 5%, 分离胶浓度为 12%, 先 90 V 电压电泳, 待上样泳至浓缩胶与分离胶的交界处, 再调至 120 V 电压电泳, 至溴酚蓝指示剂泳至底部时, 停止电泳。考马斯亮蓝 R-250 染色 3h, 然后脱色, 扫

描仪扫胶, 获得不同样品的蛋白图谱。

2 结果

2.1 血清和黏液总蛋白浓度

根据牛血清白蛋白的浓度和吸光值绘制标准曲线(图 1), 标准曲线方程为: $y = 0.0059x + 0.0844$, $R^2 = 0.9944$ 。所测定的水生脊椎动物血清和黏液样品的平均吸光值和总蛋白浓度(mg/mL)(表 1)。

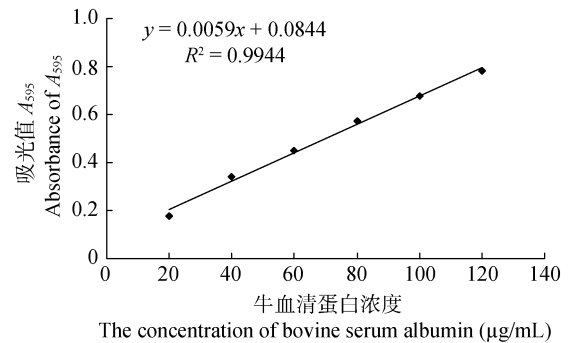


图 1 蛋白标准曲线

Fig. 1 The standard curve of protein

所测 8 种鱼的血清总蛋白含量为 31.60—17.88 mg/mL, 5 种鱼的黏液总蛋白为 3.90—1.54 mg/mL。但是, 水生哺乳动物江豚的血清总蛋白含量却高达 68.19 mg/mL, 比次高的赤点石斑鱼血清还多出一倍, 而其黏液中的总蛋白含量却最低, 只有 0.45 mg/mL。在所测定的几种水生动物的血清与黏液蛋白浓度比值中, 江豚为 151.53, 远远高于鱼类中比值最高的草鱼 11.61。可见, 鱼类与水生哺乳动物的血清与黏液蛋白含量是有明显差异的(表 1)。

2.2 九种水生脊椎动物的血清蛋白图谱

经对血清蛋白图谱进行比较显示, 不同水生脊椎动物血清蛋白成分有显著相似性, 分子量相同的蛋白质组分超过 50%, 有的还超过 85%。尤其是在蛋白分子量约为 45—120 kD, 有大量蛋白条带集中分布。除青石斑鱼外, 其他 8 种水生脊椎动物都含分子量约为 28 kD 和 14 kD 相同或相近的两条蛋白带(图 2)。

2.3 六种水生脊椎动物的黏液蛋白图谱

草鱼、鲫鱼、鳊鱼、狗鱼、黄颡鱼和江豚这 6 种水生脊椎动物的黏液蛋白图谱无显著相似性。除共有分子量大小约为 45 kD 的蛋白带外, 其他黏液蛋白的数量、含量及分子量分布没有规律, 且大多数都显著不相同(图 3)。

表 1 不同水生脊椎动物血清和黏液蛋白含量测定
Tab. 1 The concentration of serum protein and mucus protein ($n = 3$)

血清样品 Serum samples	平均吸光值 Average absorbance	稀释倍数 Dilution times	血清蛋白浓度 Serum protein concentration (mg/mL)	黏液样品 Mucus samples	平均吸光值 Average absorbance	稀释倍数 Dilution times	黏液蛋白浓度 Mucus protein concentration (mg/mL)	血清与黏液蛋白浓度比值 Protein content ratio
江豚 Finless porpoise	0.713	640	68.19	江豚 Finless porpoise	0.416	8	0.45	151.53
赤点石斑鱼 Red-spotted grouper	0.667	320	31.60					
黄颡鱼 Yellow catfish	0.450	480	29.74	黄颡鱼 Yellow catfish	0.534	40	3.05	9.75
青石斑鱼 Banded grouper	0.639	240	22.56					
中华鲟 Chinese sturgeon	0.498	320	22.43					
鳊鱼 Mandarin fish	0.618	240	21.71	鳊鱼 Mandarin fish	0.426	40	2.32	9.36
狗鱼 Pikes	0.463	320	20.53	狗鱼 Pikes	0.545	50	3.90	5.26
鲫鱼 Crucian carp	0.582	240	20.24	鲫鱼 Crucian carp	0.425	40	2.31	8.76
草鱼 Grass carp	0.524	240	17.88	草鱼 Grass carp	0.447	25	1.54	11.61

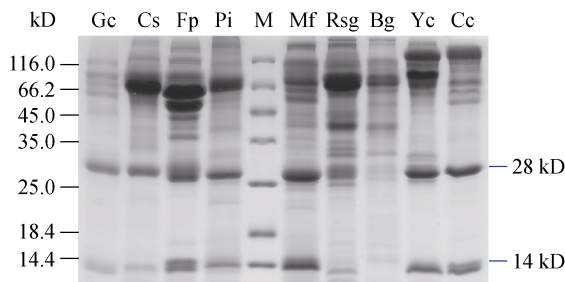


图 2 血清蛋白的 SDS-PAGE 图谱

Fig. 2 SDS-PAGE profile of serum protein
Gc. 草鱼; Cs. 中华鲟; Fp. 江豚; Pi. 狗鱼; M. Marker; Mf. 鳊鱼; Rsg. 赤点石斑鱼; Bg. 青石斑鱼; Yc. 黄颡鱼; Cc. 鲫鱼
Gc. Grass carp; Cs. Chinese sturgeon; Fp. Finless porpoise; Pi. Pikes; M. Marker; Mf. Mandarin fish; Rsg. Red-spotted grouper; Bg. Banded grouper; Yc. Yellow catfish; Cc. Crucian carp

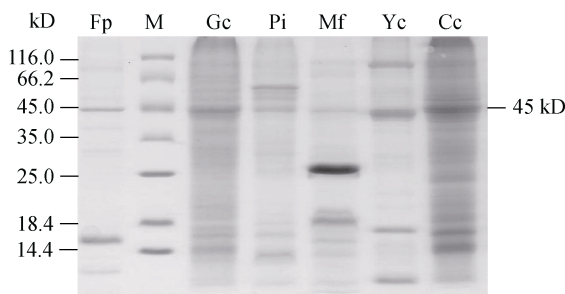


图 3 黏液蛋白的 SDS-PAGE 图谱

Fig. 3 SDS-PAGE profile of mucus protein
Cc. 鲫鱼; Yc. 黄颡鱼; Mf. 鳊鱼; Pi. 狗鱼; Gc. 草鱼; M. marker; Fp. 江豚
Cc. Crucian carp; Yc. Yellow catfish; Mf. Mandarin fish; Pi. Pikes; Gc. Grass carp; M. marker; Fp. Finless porpoise

2.4 五种水生脊椎动物的血清与黏液蛋白图谱比较

分别对狗鱼、鳊鱼、黄颡鱼和鲫鱼,同一种鱼的血清与黏液进行比较,显示其血清与黏液中分子量相同的蛋白带数量占总蛋白带数量的比例各为 30%、31%、38% 和 27%。其中在黄颡鱼血清和黏液中,有相同分子量的蛋白质组分相似度最高,达到 38%;而鲫鱼最低,仅有 27%。这表明同一种鱼的血清与黏液蛋白成分有显著差别。进一步分析比较,还显示狗鱼、鳊鱼和黄颡鱼的血清蛋白带数量及含量均高于黏液蛋白带,但鲫鱼相反,血清中蛋白带的数量要低于黏液蛋白带(图 4A)。对江豚的血清与黏液蛋白进行分析,显示黏液蛋白条带很少,其中在黏液与血清中相同分子量的蛋白质组分只有 17%;而在血清中含量很高的蛋白带,在黏液中却很少,如分子量在 45—66.2 kD 之间的蛋白,有些甚至难以分辨是否存在(图 4B)。这表明血清和黏液蛋白之间的相似程度可因水生脊椎动物的种类不同而有所不同,江豚血清和黏液蛋白组分的差别就更显著。

3 讨论

我们比较了 9 种水生脊椎动物的血清和黏液蛋白的差异,了解到水生脊椎动物血清中的蛋白成分相对比较稳定。这可能是由于血清来源于生物体内,生活在水体环境中,不论是鱼类还是水生哺乳动物,

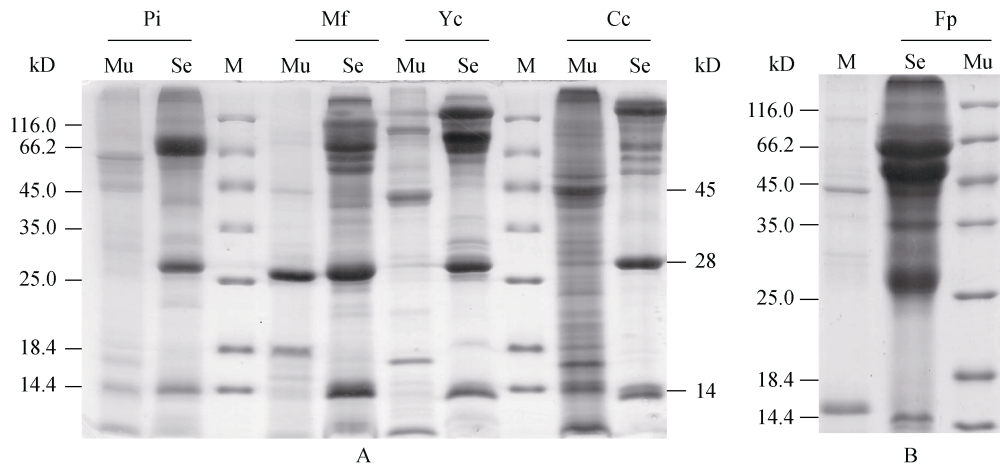


图4 血清和黏液蛋白的 SDS-PAGE 图谱

Fig. 4 SDS-PAGE profile of serum and mucus protein

Pi. 狗鱼; Mf. 鳊鱼; Yc. 黄颡鱼; Cc. 鲫鱼; Mu. 黏液; Se. 血清; M. Marker; Fp. 江豚

Pi. Pikes; Mf. Mandarin fish; Yc. Yellow catfish; Cc. Crucian carp; Mu. Mucus; Se. serum; M. marker; Fp. Finless porpoise

其生理生化活动在很多方面相同或相似, 血清起维持机体内的渗透压平衡、pH 缓冲、载体及营养等作用, 因此要求血清中蛋白的组分与含量也大体相似。此外, 免疫球蛋白也是血清中含量较多的蛋白质。目前已经从硬骨鱼类中分离出不同种类的免疫球蛋白, 如 IgM、IgD 和 IgZ 等, IgM 是一类存在于所有有颌类脊椎动物中的免疫球蛋白, 其重链具有较高的保守性^[6-8]。有报道从紫红笛鲷(*Lutjanus argentimaculatus*)、青石斑鱼(*Epinephelus awoara*)、尖吻鲈(*Lates calcarifer*)和牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)的血清中, 分离纯化了免疫球蛋白^[9]。

水生动物体表黏液是动物机体与水环境接触的门户, 其蛋白的成分和含量不仅决定于动物机体自身, 而且在一定程度上受到其生活的水环境的影响。从对鲫鱼、黄颡鱼、鳊鱼、狗鱼、草鱼以及江豚等 6 种水生脊椎动物黏液蛋白图谱分析可知, 蛋白带的分子量和含量各不相同, 显示水生脊椎动物体表黏液会因水环境及水体因子不同而变化。有学者对鱼类黏液进行了分析, 表明鱼类黏液成分与其来源和功能有关, 其成分包括水、糖蛋白、分泌蛋白、氨基酸、脂肪酸、脱落的表皮细胞及细菌^[2]。有证据表明, 当鱼处在不同的发育期或是突然改变其生活水环境的渗透压, 如将鱼从海水中转移到淡水中, 其体表黏液的蛋白成分和含量都会发生明显的改变^[10, 11]。有趣的是, 在七彩神仙鱼中, 甚至存在母本用黏液去抚育子代的现象, 在此期间, 母本黏液中蛋白的含量及成分明显有异于其他时期, 含

有幼鱼生长发育所需营养成分, 并含生长激素和免疫球蛋白^[12]。

经对狗鱼、鳊鱼、黄颡鱼、鲫鱼和江豚这 5 种水生脊椎动物各自血清和黏液中蛋白组分的分析比较, 显示其中含分子量相同蛋白质的情况因动物种类不同而异, 尤其是江豚血清和黏液中蛋白组分的差异明显高于鱼类。这提示, 不同物种对水环境的适应性可能是水生脊椎动物黏液蛋白组分产生差异的原因之一, 江豚作为水生哺乳动物, 由于进化程度比鱼类更高, 其对环境的适应能力也与鱼类有所不同, 从而导致其血清和黏液蛋白组分差异更大。有研究表明, 当鱼体受到机械性刺激、病原微生物侵染或鱼生活的水体受到污染时, 都会导致鱼体表黏液蛋白变化^[13, 14]。而在相同因子刺激下, 血清中的蛋白成分和含量及其在反应的敏感性和变化程度上都要低于黏液。除了体表黏液, 似乎体内黏液也是如此, 例如口服和肠道灌注都能使鱼类产生细胞免疫和体液免疫, 而且口服疫苗免疫还能产生不依赖于血清的抗体^[15]。当然, 也有一些蛋白组分是血清和黏液所共有的, 如在血清和黏液中都能分离提纯得到免疫球蛋白; 在牙鲆(*paralichthys olivaceus*)的体表黏液和血清中都存在转铁蛋白^[16]。另外, 也开展了对鱼类黏液蛋白的其他方面的研究^[17]。

虽然本研究为进一步探讨不同水生动物血清与黏液蛋白组分的特征及异同提供了新的资料, 但有关血清和黏液蛋白组分、功能及来源还有待利用更精细的方法作进一步分析。

参考文献：

- [1] Handy R D, Eddy F B, Romain G. *In vitro* evidence for the ionoregulatory role of rainbow trout mucus in acid, acid/aluminium and zinc toxicity [J]. *Journal of Fish Biology*, 1989, **35**(5): 737—747
- [2] Shephard K L. Functions for fish mucus [J]. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1994, **4**(4): 401—429
- [3] Aranishi F, Nakane M. Epidermal proteinases in the European eel [J]. *Physiological and Biochemical Zoology*, 1997, **70**(5): 563—570
- [4] Huang Z H, Ma A J, Wang M. Research progression in secretion of fish skin mucous and its function [J]. *Marine Sciences*, 2009, **33**(1): 90—94 [黄智慧, 马爱军, 汪岷. 鱼类体表黏液分泌功能与作用研究进展. 海洋科学, 2009, **33**(1): 90—94]
- [5] Marion M. Bradford. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. *Analytical Biochemistry*, 1976, **72**(1—2): 248—254
- [6] Hansen J D, Landis E D, Phillips R B. Discovery of a unique Ig heavy-chain isotype (IgT) in rainbow trout: Implications for a distinctive B cell developmental pathway in teleost fish [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2005, **102**(19): 6919—6924
- [7] Wilson M R, Warr G W. Fish immunoglobulins and the genes that encode them [J]. *Annual Review of Fish Diseases*, 1992, **2**: 201—221
- [8] Ding W D, Cao L P, Cao Z M. Purification of serum IgM from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) and preparation of rabbit sera anti-IgM [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2010, **34**(1): 164—169 [丁炜东, 曹丽萍, 曹哲明. 草鱼血清 IgM 蛋白的纯化及抗血清的制备. 水生生物学报, 2010, **34**(1): 164—169]
- [9] Feng J, Hu C Q. Purification and characteristics of serum immunoglobulins of four major cultured marine fishes in China [J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2002, **21**(4): 8—13 [冯娟, 胡超群. 四种海水养殖鱼类血清免疫球蛋白的分离纯化及分子量测定. 热带海洋学报, 2002, **21**(4): 8—13]
- [10] Ottesen O H, Olafsen J A. Ontogenetic development and composition of the mucous cells and the occurrence of sacular cells in the epidermis of Atlantic halibut [J]. *Journal of Fish Biology*, 1997, **50**(3): 620—633
- [11] Fagan M S, O'Byrne-Ring N, Ryan R, et al. A biochemical study of mucus lysozyme, proteins and plasma thyroxine of Atlantic salmon (*Salmo salar*) during smoltification [J]. *Aquaculture*, 2003, **222**(1—4): 287—300
- [12] Chong K, Ying T S, Foo J, et al. Characterisation of proteins in epidermal mucus of discus fish (*Symphysodon* spp.) during parental phase [J]. *Aquaculture*, 2005, **249**(1—4): 469—476
- [13] Ross N W, Firth K J, Wang A, et al. Changes in hydrolytic enzyme activities of naive Atlantic salmon *Salmo salar* skin mucus due to infection with the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* and cortisol implantation [J]. *Diseases of Aquatic Organisms*, 2000, **41**(1): 43—51
- [14] Lebedva N, Vosyliene M Z, Golovkina T. The effect of toxic and heliophysical factors on the biochemical parameters of the external mucus of carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. *Archives of Polish Fisheries*, 2002, **10**(1): 5—14
- [15] Joosten PHM, Tiemersma E, Threels A, et al. Oral vaccination of fish against *Vibrio anguillarum* using alginate microparticles [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 1997, **7**(7): 471—485
- [16] Palaksha K J. Evaluation of non-specific immune components from the skin mucus of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2008, **24**(4): 479—488
- [17] Lu A J, Li Z Q, Zhang Q Y. Detection of cutaneous antibodies in excised skin explants from grass carp, *Ctenopharyngodon idella*, immune to *Scophthalmus maximus* rhabdovirus [J]. *Journal of Fish Diseases*, 2008, **31**(8): 559—565

ANALYSIS OF PROTEIN PROFILES IN SERUM AND MUCUS FROM DIFFERENT AQUATIC VERTEBRATES

OU Tong, LEI Xiao-Ying and ZHANG Qi-Ya

(State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology,
Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract: Aquatic vertebrates live in the water environment with complex and changeable physiological and biochemical reactions. The range of roles which blood plays is very large, such as regulating the physiological and biochemical reactions, maintaining the balance of the organism, ensuring various life activities in an orderly manner. Mucus affords a platform for communication between organism and water environment which is considered as a highly multifunctional material owing to the proposed roles in excretion, respiration, ionic and osmotic regulation, communication, reproduction and protection. The serum and mucus of vertebrates contain a large number of protein components and other biologically active substance as the main bearers of life, which have varieties of function in physiological and biochemical and resistance to pathogenic microorganisms. In order to understand the similarities and differences of the major protein components contained in serum and mucus of aquatic vertebrates, we collected the samples of serum and cutaneous mucus from nine different aquatic animals, such as Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis grdy*), crucian carp (*Carassius auratus*), grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*), red-spotted grouper (*Epinephelus akaara*), banded grouper (*Epinephelus awoara*), pikes (*Esox reicherti*), finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*), yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) and mandarin fish (*Siniperca chuatsi*). The concentration of serum and mucus protein was determined by coomassie brilliant blue G-250 method and the protein patterns of serum and mucus from the different aquatic vertebrates were observed by SDS-PAGE. The results showed that the range of serum protein concentration was from 17.88 to 31.60 mg/mL and the mucus was from 1.54 to 3.90 mg/mL. The concentration of serum protein from finless porpoise was the highest up to 68.19 mg/mL which was more than twice the red-spotted grouper having the highest serum protein concentration among eight species of fish. On the other hand, the concentration of mucus protein from finless porpoise was the lowest, only 0.45 mg/mL. Therefore, the finless porpoise possessed the largest ratio of protein content in serum and mucus. The protein patterns of serum from the nine aquatic vertebrates might have significant similarities. There were multiple protein bands distribution in the area between molecular weight of 45 kD and 120 kD. Two bands whose molecular weights were approximately 28 kD and 14 kD appeared in the SDS-PAGE protein patterns of serum from the eight aquatic vertebrates, except banded grouper. Other than the band with molecular weight of about 45 kD, no significant similarity was found among the protein patterns of mucus from crucian carp, yellow catfish, mandarin fish, pikes, grass carp and finless porpoise. It showed significant differences in the protein patterns of serum and mucus from same species of aquatic vertebrates. Among five aquatic vertebrates, pikes, mandarin fish, yellow catfish, crucian carp and finless porpoise, the protein patterns of serum and mucus from yellow catfish had the most similarity, and only 38%. The study may provide new material for the further researching on the features and similarities and differences of protein components in serum and mucus from different aquatic vertebrates.

Key words: Aquatic vertebrates; Serum; Cutaneous mucus; Protein pattern; SDS-PAGE