

中国大鲵肌肉、尾脂营养成分分析与评价

王立新^{a,b}, 郑尧^a, 艾闽^a, 王汉勇^a, 杨辉^a, 陈婵娟^a, 易晓贵^a, 赵柯洋^a

(西北农林科技大学 a 动物科技学院, b 陕西省农业分子生物学重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] 【目的】评价大鲵的营养价值,为其营养需要的确定及配合饲料的研制提供基础资料和理论依据。【方法】采用常规分析、氨基酸分析仪、气相色谱以及原子吸收光谱法,对大鲵肌肉和尾脂中的常规营养成分、氨基酸组成、脂肪酸成分进行分析,并按照氨基酸评分(Amino acid score,AAS)、化学评分(Chemical score,CS)、必需氨基酸指数(Essential acid score index,EAAI)标准进行品质评定。【结果】新鲜大鲵肌肉中水分含量为 82.04%,粗蛋白含量为 17.15%,粗脂肪含量为 1.73%,灰分含量为 0.65%;矿质元素中,Ca 含量为 162.15 $\mu\text{g/g}$,Zn 含量为 15.35 $\mu\text{g/g}$,P 含量为 1 020 $\mu\text{g/g}$,其中 Zn 含量远高于其他动物。大鲵肌肉中共检测出 17 种氨基酸,总氨基酸含量为 18.64%,所检 7 种人体必需氨基酸含量为 7.25%,占总氨基酸的比例为 38.89%;鲜味氨基酸含量为 6.82%,占总氨基酸的比例为 36.59%。肌肉及尾脂中分别检测出 11 和 14 种脂肪酸,其中饱和脂肪酸(SFA)含量分别为 27.68%,25.70%,不饱和脂肪酸(UFA)含量分别为 72.32%,74.20%,大鲵尾脂中含有较高的花生四烯酸(1.69%)和花生五烯酸(1.89%)等高不饱和脂肪酸;大鲵肌肉 AAS、CS 分别为 1.660 和 0.810,EAAI (65.93)较一般水生经济动物高,蛋白质结构较合理。【结论】大鲵肌肉及尾脂具有极高的营养价值和食用价值。

[关键词] 大鲵;肌肉;尾脂;营养成分;品质评价

[中图分类号] S966.6

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)02-0067-08

Analysis of the nutritional ingredient and nutrient value of the muscle and tail lipid in Chinese giant salamander (*Andrias davidianus*)

WANG Li-xin^{a,b}, ZHENG Yao^a, AI Min^a, WANG Han-yong^a,
YANG Hui^a, CHEN Chan-juan^a, YI Xiao-gui^a, ZHAO Ke-yang^a

(a College of Animal Science, b Shaanxi Key Laboratory of Molecular Biology for Agriculture,
Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】Though rare in China, Chinese giant salamander is a kind of amphibian animal with nutritional pharmacological and health value. The study was to estimate the nutrient value, investigate the nutritional requirement, and collect more information for researching compound feed of Chinese giant salamander. 【Method】The nutritional ingredient of Chinese giant salamander's muscle and lipid in tail were analyzed by routine method. 【Result】The moisture, crude protein, crude fat and ash of fresh muscle in Chinese giant salamander were 82.04%, 17.15%, 1.73%, 0.65% respectively; The main mineral elements, including calcium, zinc and phosphorus, were 162.15 $\mu\text{g/g}$, 15.35 $\mu\text{g/g}$, 1 020 $\mu\text{g/g}$, the zinc of the Chinese giant salamander's muscle outclassed other animals; There were 17 kinds of amino acids in Chinese giant salamander's muscle, the ratio of total amino acid was 18.64%, the ratio of essential amino acids 7.25%, the ratio of the essential amino acids occupied the total amino acid 38.89%, and the ratio of amino

* [收稿日期] 2010-07-03

[基金项目] 陕西省自然科学基金项目(2003C124);西北农林科技大学重点项目(01140513)

[作者简介] 王立新(1968—),男,陕西汉中,副教授,主要从事水产动物资源保护与利用研究。E-mail:fisherwanglx@163.com

acids 6.82%,the ratio of the palatable amino acids occupied the total amino acid 36.59%;11 and 14 kinds of fatty acids were detected in Chinese giant salamander' muscle and tail lipid,the saturated fatty acid in the muscle and tail lipid was 27.68 % and 25.70%,the unsaturated fatty acid in the muscle and tail lipid were 72.32% and 74.20%,and the tail lipid contained arachidonic acid 1.69% and eicosapentaenoic acid 1.89% in addition. Compared with the essential amino acids of Chinese giant salamander's muscle with the Amino Acid Score(AAS),the model of the essential amino acids of Chinese giant salamander was better than the standard of FAO/WHO experimental model,and the Essential Acid Score index(EAAI) of Chinese giant salamander's muscle also exceeded that of the common aquatic animals.【Conclusion】 It indicated that muscle and tail lipid of Chinese giant salamander was a kind of valuable food with high nutrient value.

Key words:Chinese giant salamander;muscle;tail lipid;nutritional ingredient;quality evaluation

大鲵(*Andrias davidianus*)俗称娃娃鱼,属两栖类有尾目隐鳃鲵科,是我国特有的珍稀大型两栖动物,广泛分布于陕西、江西、四川、湖南、湖北等 17 个省区^[1]。从 20 世纪 70 年代起,由于人为滥捕和环境破坏,加之大鲵繁殖力较低,致使大鲵资源量急剧下降,1998 年大鲵被列为国家二级保护动物,并列入濒临绝种野生动植物国际贸易公约(CITES)附录 I 中^[2]。然而,由于大鲵具有极高的经济价值和药用价值,民间一直用其肉作为补品,用其皮作为治疗烧烫伤的良药,因而其人工养殖逐渐得到了重视,自 20 世纪 90 年代起,在陕西汉中、湖南桑植、四川巴中等地区出现了较大规模的养殖,近年来部分实力雄厚的大型养殖场已基本攻克了大鲵的繁殖养殖技术,并获得了子二代甚至子三代个体,这使得大鲵逐渐成为地方性水产养殖的新品种,也为大鲵市场开发奠定了基础。目前,有关大鲵资源状况^[1]、生物学学习性^[3-4]、繁殖^[5]、病害^[6]以及功能基因^[7-8]的研究报道较多,关于大鲵肌肉营养价值和食用价值的研究也有一些报道^[9-19],但仍缺少较完整的研究。本试验对人工养殖大鲵的肌肉、尾脂的营养成分进行了综合分析,以期为大鲵的资源开发利用、营养需要研究以及人工饲料开发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验所用大鲵为 3 龄以上成年活体,共 6 尾,分别编号 H1~H6,均采自陕西汉中天利大鲵养殖场,平均体长为(62.25±5.74) cm,平均体质量为(1 979.67±321.54) g。

1.2 样品准备

1.2.1 大鲵肌肉样品 分别取各供试大鲵身体中、背、腹部肌肉 20 g,用剪刀剪碎,匀浆后,用于肌肉常

规营养成分、氨基酸组成和矿质元素测定。各样品均做 3 个重复,方差分析采用 SPSS 11.0 软件。

1.2.2 大鲵肌肉、尾脂脂肪样品 大鲵肌肉脂肪采用索氏抽提法制备。大鲵尾脂样品直接从大鲵尾部分离获得,用剪刀和手术刀小心剥离尾部脂肪 50 g,用匀浆器匀浆后和大鲵肌肉脂肪送西北农林科技大学检测中心检测脂肪酸的含量。

1.3 营养成分的测定方法

水分含量(用质量分数表示)依据 GB/T 5009.3—2003,用 105℃常压烘干法测定;灰分含量(用质量分数表示)依据 GB/T 5009.4—2003,用高温灰化法测定;粗脂肪含量(用质量分数表示)依据 GB/T 5009.6—2003,用索氏提取法测定;粗蛋白含量按 GB/T 5009.5—2003 提供的方法,使用日本 VS-KTP 自动定氮仪测定;按照 GB/T 5009.124—2003 中的方法,使用 Beckman121MB 型氨基酸自动分析仪测定除色氨酸外的 17 种氨基酸含量(用质量分数表示);Ca、Zn 含量按 GB/T 5009—2003,使用日立 18080 型原子吸收分光光度计测定;P 元素含量使用 721 型分光光度计测定;脂肪酸按照 GB/T 9695.2—2008 中的方法,使用日立 663-30 型气相色谱仪进行测定。

1.4 氨基酸营养品质的评价方法

根据 1973 年 FAO/WHO 建议的每克氮氨基酸评分标准模式和鸡蛋蛋白质模式进行氨基酸营养价值评定,氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)参考文献[20]的方法计算:

AAS=试验样品某种氨基酸含量(mg/g)/FAO 评分模式中同种氨基酸含量(mg/g),

CS=试验样品某种氨基酸含量(mg/g)/鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(mg/g),

$$EAAI=\left(\prod_{i=1}^n\frac{aa_i}{AA_i}\right)^{1/n}\times 100.$$

式中: n 为比较的氨基酸个数, aa_i 为大鲵肌肉蛋白质中必需氨基酸含量(mg/g), AA_i 为鸡蛋蛋白质中必需氨基酸含量(mg/g),氨基酸含量(mg/g)=[氨基酸含量(% ,鲜样)/粗蛋白含量(% ,鲜样)] $\times 6.25 \times 1\,000$ 。

2 结果与分析

2.1 大鲵肌肉一般营养成分的分析

由表 1 可知,大鲵肌肉水分含量为 82.04%,粗

蛋白含量为 17.15%,粗脂肪含量为 1.73%,灰分含量为 0.65%;大鲵肌肉中水分较其他水产品略高,粗蛋白较艾为明等^[19]报道的高,但与常见水产品差异不大,粗脂肪、灰分含量明显低于其他水产品。

2.2 大鲵肌肉氨基酸含量及营养价值的评定

大鲵肌肉鲜样中氨基酸含量、组成及与其他动物的比较如表 2 所示。

表 1 大鲵肌肉营养成分含量及其与其他物种的比较

Table 1 Comparison of nutritional contents in muscle of <i>A. davidianus</i> with other aquatic economic animals %					
种类 Category	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	灰分 Ash	文献来源 Literature reference
大鲵 <i>A. davidianus</i>	82.04±3.69	17.15±0.61	1.73±0.80	0.65±0.02	
子二代大鲵 <i>A. davidianus</i>	79.00	16.93	2.70	1.14	[19]
大鲵 <i>A. davidianus</i>	82.32	14.06	2.52	0.74	[12]
大鲵 <i>A. davidianus</i>	81.78	14.05	3.46	0.71	[14]
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	82.71	15.10	0.45	1.71	[21]
黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	75.79	18.79	3.53	1.10	[21]
鲶 <i>Silurus asotus</i>	80.18	16.38	1.47	1.26	[22]

表 2 大鲵肌肉鲜样中氨基酸含量、组成及与其他动物的比较

Table 2 Comparison of content and composition of amino acids from fresh muscle sample of <i>A. davidianus</i> with the other three aquatic economic animals %						
氨基酸 Amino acid	大鲵 <i>A. davidianus</i>	大鲵 ^[19] <i>A. davidianus</i>	大鲵 ^{[14]▲} <i>A. davidianus</i>	俄罗斯鲟鱼 ^[25] <i>Acipenser galdenstadtii</i>	鲶 ^[23] <i>S. asotus</i>	黄鳝 ^[24] <i>M. albus</i>
天门冬氨酸△Asp	1.71	1.78	9.07	2.04	0.74	0.88
苏氨酸* Thr	0.92	0.63	4.09	0.84	0.35	0.30
丝氨酸 Ser	0.93	0.52	4.50	0.76	0.28	0.37
谷氨酸△Glu	3.18	2.86	13.50	3.13	1.20	1.42
脯氨酸 Pro	1.06	0.86	3.61	0.30	0.40	0.36
甘氨酸△Gly	0.87	1.27	4.18	0.95	0.57	0.64
丙氨酸△Ala	1.06	1.20	4.85	1.15	0.49	0.51
半胱氨酸 Cys	0.22	0.14	1.06	0.09	0.17	0.04
缬氨酸* Val	0.93	0.87	3.99	1.24	0.31	0.32
蛋氨酸* Met	0.87	0.55	1.55	0.57	0.26	0.27
异亮氨*酸 Ile	0.87	0.93	4.02	0.95	1.37	0.13
亮氨酸* Leu	1.36	1.38	7.80	1.56	0.61	0.70
酪氨酸 Tyr	0.70	0.52	3.07	0.63	0.21	0.23
苯丙氨酸* Phe	0.59	0.92	3.57	0.85	0.47	0.40
赖氨酸* Lys	1.71	1.83	7.43	1.76	0.64	0.61
组氨酸 His	0.59	0.48	2.00	0.55	0.16	0.08
精氨酸 Arg	1.07	1.17	5.32	1.13	0.50	0.50
色氨酸* Trp	—	0.23	—	0.13	0.08	0.08
总氨基酸 TAA	18.64	18.14	83.60	18.63	7.81	8.16
必需氨基酸 EAA	7.25	7.34	38.21	7.90	3.75	3.71
鲜味氨基酸 DAA	6.82	7.11	34.84	7.27	3.50	3.95
EAA/TAA	38.89	40.46	45.71	42.40	48.02	45.47
必需氨基酸/非必需氨基酸 EAA/NEAA	63.65	67.96	84.18	73.63	92.36	83.37
DAA/TAA	36.59	39.19	41.67	39.02	44.81	48.41

注:△表示鲜味氨基酸,*表示人体必需氨基酸,▲代表氨基酸占干样的百分比。
Note:“△”stands for deliciousl amino acid;“*”for essential amino acid for adult;and “▲” for the percentage ratio caculated by division between total content and quality of dry sample.

由表 2 可知,大鲵肌肉中总氨基酸、必需氨基酸、鲜味氨基酸含量分别为 18. 64%, 7. 25%, 6. 82%, 与前人报道的大鲵肌肉营养成分含量基本一致^[14, 19], 但远高于鲈^[23]、黄鳝^[24], 略低于俄罗斯鲟鱼^[25]。大鲵肌肉中必需氨基酸占总氨基酸的比例为 38. 89%, 必需氨基酸占非必需氨基酸的比例为 63. 65%, 鲜味氨基酸占总氨基酸的比例为 36. 59%, 均低于前人报道的大鲵和其他 3 种动物的相关报道。

表 3 大鲵肌肉的 AAS、CS 和 EAAI

Table 3 Evaluation on AAS, CS and EAAI in muscle of *A. davidianus*

必需氨基酸 Essential amino acid	FAO /WHO 评分模式 Amino acid scoring pattern on FAO/WHO	鸡蛋蛋白质 Protein in egg	大鲵肌肉/% Muscle of <i>A. davidianus</i>	AAS	CS	EAAI
苏氨酸 Thr	250	404	334	0. 230	0. 140	65. 93
缬氨酸 Val	310	603	338	0. 186	0. 096	
蛋氨酸+胱氨酸 Leu+Cys	220	587	398	0. 310	0. 120	
异亮氨酸 Ile	250	501	315	0. 220	0. 110	
亮氨酸 Leu	440	848	496	0. 193	0. 100	
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	380	960	470	0. 210	0. 080	
赖氨酸 Lys	340	653	625	0. 320	0. 160	
总计 Total	2 190	4 556	2 976	1. 660	0. 810	

2.3 大鲵肌肉、尾脂脂肪酸含量的分析

示。

大鲵肌肉、尾脂脂肪酸的组成及含量如表 4 所

表 4 大鲵肌肉、尾脂脂肪酸的组成及含量

Table 4 Composition and contents of fatty acids in muscle and lipid tail of *A. davidianus*

脂肪酸 Fatty acid	肌肉 Muscle	肌肉 ^[18] Muscle	尾脂 Lipid tail	尾脂 ^[13] Lipid tail	%
C14:0	4. 08	3. 00	3. 21	1. 57	
C14:1	0. 22	—	0. 35	—	
C14:2	0. 37	—	0. 54	—	
C16:0	22. 43	15. 64	19. 58	20. 15	
C16:1	24. 14	16. 40	16. 88	5. 45	
C16:2	0. 64	—	2. 52	—	
C17:0	0. 40	2. 47	1. 34	—	
C18:0	0. 77	2. 87	1. 57	5. 03	
C18:1	35. 87	24. 55	32. 60	53. 44	
C18:2	8. 08	8. 28	11. 12	8. 34	
C18:3	3. 01	5. 47	5. 00	2. 94	
C20:1	—	1. 75	1. 59	—	
C20:4	—	2. 71	1. 69	1. 16	
C20:5	—	6. 74	1. 89	—	
饱和脂肪酸 SFA	27. 68	23. 98	25. 70	26. 75	
不饱和脂肪酸 UFA	72. 32	76. 58	74. 20	71. 33	
单不饱和脂肪酸 MUFA	60. 23	45. 47	51. 43	58. 89	
多不饱和脂肪酸 PUFA	12. 10	31. 11	22. 77	12. 44	

由表 4 可知,大鲵肌肉中共检出 11 种脂肪酸,其全部为 C20 以下的脂肪酸;尾脂中共检出 14 种脂肪酸,较肌肉多了花生烯酸(C20:1)、花生四烯酸(C20:4)以及花生五烯酸(EPA, C20:5) 3 种不饱和

脂肪酸。与之前大鲵脂肪酸研究结果^[18]相比,本研究在大鲵肌肉和尾脂中首次检出了十四碳烯酸(C14:1)、十四碳二烯酸(C14:2)、十六碳二烯酸(C16:2),但也有部分高不饱和脂肪酸(C20:1、

C20:5)在肌肉中未检测到。大鲵肌肉中饱和脂肪酸含量为 27.68%，不饱和脂肪酸含量为72.32%；尾脂中饱和脂肪酸含量为 25.70%，不饱和脂肪酸含量为 74.20%，尾脂中不饱和脂肪酸含量高于肌肉。大鲵肌肉中饱和脂肪酸主要是棕榈酸(C16:0, 22.43%)，单不饱和脂肪酸主要是油酸(C18:1, 35.87%)、棕榈油酸(C16:1,24.14%)，多不饱和脂肪酸主要是亚油酸(C18:2, 8.08%)和亚麻酸

(C18:3,3.01%)。

将进化中处于过渡类群的两栖类动物大鲵，与哺乳类、鸟类、蛙类、爬行类、软骨类及硬骨鱼类动物肌肉中的脂肪酸组成、含量及分布规律进行比较，结果见表 5。由表 5 可见，大鲵脂肪酸含量居中，组成较稳定，其尾脂中二十碳五稀酸的含量较高，未检出二十二碳六稀酸。

表 5 不同类群动物脂肪酸组成及 EPA、DHA 含量比较

Table 5 Composition and individual distribution of fatty acids, contents of EPA and DHA in muscle and lipid tail of <i>A. davidianus</i> compared with different animals						
种类 Category	饱和 脂肪酸/% SFA	单不饱 和脂肪酸/% MUFA	多不饱 和脂肪酸/% PUFA	SFA : MUFA : PUFA	二十碳五 稀酸/% EPA	二十二碳 六稀酸/% DHA
大鲵尾脂 Lipid tail of <i>A. davidianus</i>	26	51	23	26 : 51 : 23	1.90	—
大鲵肌肉 Muscle of <i>A. davidianus</i>	28	60	12	28 : 60 : 12	—	—
大鲵肌肉 ^[18] Muscle of <i>A. davidianus</i>	23	45	31	23 : 45 : 31	6.74	2.64
黄牛肌肉 ^[26] Muscle of yellow cattles in Sichuan province	60	34	6	60 : 34 : 6	0.62	0.02
乌骨鸡肌肉 ^[27] Muscle of black-bone silky fowl	38	36	27	38 : 36 : 27	1.32	0.62
棘胸蛙肌肉 ^[28] Muscle of <i>Rana spinosa</i>	34	25	41	34 : 25 : 41	3.04	2.24
缅甸蟒肌肉 ^[29] Muscle of <i>Python molurus bivittatus</i>	32	56	12	32 : 56 : 12	—	0.50
背角无齿蚌肌肉 ^[30] Muscle of <i>Anodonta woodiana</i> (Lea)	30	28	42	30 : 28 : 42	5.96	3.30
鲢鱼 ^[31] <i>Hypophthal ichthysmolitrix</i>	26	19	55	25 : 19 : 55	1.00	14.80

2.4 大鲵肌肉中矿质元素含量的分析

大鲵肌肉中的矿质元素含量见表 6。由表 6 可知，大鲵肌肉中 Ca 含量为 162.15 μg/g，Zn 含量为 15.35 μg/g，P 含量为 1 020 μg/g。大鲵肌肉中 Ca

含量远低于权清转等^[11]报道的结果，也远低于其他的经济鱼类和大鲵软骨^[12]中的 Ca 含量(4 926.9 μg/g)；Zn 含量与艾为明等^[19]的报道相近；P 含量与其他经济鱼相比较低。

表 6 大鲵肌肉中矿质元素含量及与其他动物的比较

Table 6 Mineral elements in muscle of <i>A. davidianus</i>				μg/g
种类 Category	Ca	Zn	P	
大鲵肌肉 Muscle of <i>A. davidianus</i>	162.15±10.54	15.35±1.18	1 020±160	
大鲵 ^[19] <i>A. davidianus</i>	—	16.00	1 960	
鲢鱼 ^[22] <i>S. asotus</i>	740	—	2 400	
黄鳝 ^[24] <i>M. albus</i>	780	—	1 900	
甘露青鱼 ^[32] <i>Myiopharyngodon piceus</i>	108	5.52	—	
中华倒刺鲃 ^[33] <i>Spinibarbus sinensis</i>	2 117	5.20	0.28	

3 讨 论

养殖动物的肌肉是供人类食用的主要部分，因而其蛋白质、脂肪、矿物质等营养元素的含量和组成及可消化性是衡量其营养价值、食用价值的重要指标。

本研究中，大鲵肌肉营养成分与艾为明等^[19]测定结果相近，肌肉水分含量较高(82.04%)，这可能与大鲵为穴居动物，活动能力较差，活动量少有关。

但即使在肌肉水分含量较高的情况下，大鲵肌肉粗蛋白含量仍然相对较高(17.15%)，仅略低于黄鳝，而高于鲢、草鱼等常见水产品，且大鲵肌肉中总氨基酸含量(18.64%)明显高于鲢和鳙鱼。说明，大鲵肌肉不仅蛋白质含量高，而且蛋白的可消化性好。大鲵肌肉总氨基酸中，必需氨基酸占总氨基酸的比例为 38.89%，接近 40%的理想比例，说明其氨基酸平衡性较好，营养价值高，且大鲵肌肉中鲜味氨基酸含量(6.82%)远高于鲢鱼(3.50%)^[23]、鳙鱼

(3.95%)^[24],与鲟鱼^[25]接近,说明大鲵肌肉味道鲜美。此外,大鲵肌肉中除谷氨酸和天门冬氨酸含量较高外,必需氨基酸中的赖氨酸(1.71%)和亮氨酸(1.36%)含量也较丰富,这与黄世英等^[14]的报道一致,大鲵肌肉丰富的赖氨酸含量可以有效补充以谷物为主食造成的赖氨酸不足^[11]。经计算,大鲵肌肉 EAAI 为 65.93,低于权清转等(76.7)^[11]和黄世英等(81.4)^[14]的报道,其原因可能是不同研究者所用的大鲵个体大小不同所致,但所有研究的结果均表明大鲵必需氨基酸模式优于鸡蛋蛋白质模式,说明大鲵肌肉必需氨基酸含量丰富且较为符合人体需要,营养价值高,是优质的蛋白源。需要注意的是,大鲵肌肉中缬氨酸、亮氨酸含量均较低,为限制性氨基酸,与黄世英等^[14]报道结果(蛋氨酸+胱氨酸)不同,这可能是含硫氨基酸在水解过程中容易被破坏而造成测定结果出现了差异。提示,食用大鲵肌肉时,应注意与缬氨酸、亮氨酸含量丰富的食物搭配食用。

脂肪及脂肪酸是机体主要能量来源之一。本研究发现,大鲵肌肉中脂肪含量较低,与普通水产品相近,明显低于肉食性鱼类,说明大鲵肌肉是一种高蛋白低脂肪、有益于人体健康的食品。此外,从脂肪酸组成来看,大鲵肌肉中含有 11 种脂肪酸,均为 20 碳以下的脂肪酸,其中饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸含量分别为 27.68% 与 72.32%,远低于陆生动物^[26-27],与主要鱼类相近^[31],且亚油酸(C18:2, 8.08%)和亚麻酸(C18:3, 3.01%)含量较为丰富。大鲵尾脂脂肪酸组成与肌肉差异较大,共检测出 14 种脂肪酸,比肌肉多出 3 种二十碳脂肪酸,尾脂中饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸含量分别为 25.70% 和 74.20%,其脂肪酸组成优于肌肉,特别是含有较丰富的花生四烯酸(C20:4, 1.69%)和 EPA (1.89%) 及 PUFA。已有的研究表明,花生四烯酸既是人体大脑和视神经发育的重要物质,也是前列腺素合成的前体物质;EPA 是鱼油中的重要组成部分^[34];PUFA 具有降血糖,降血脂,降血压,提高免疫力,预防心血管疾病等一系列生理调节功能^[34]。因此,大鲵尾脂具有特殊的营养价值,且食用尾脂更具有保健功效。大鲵肌肉、尾脂中脂肪酸组成和含量上的不同,是否表明大鲵不同组织中脂肪酸代谢机制不一,还有待于进一步研究验证。此外,不同动物 PUFA 组成对比表明,陆生、鸟类、爬行类动物油脂中饱和脂肪酸分布有一定的规律,随动物由低等向高等进化,脂肪中饱和脂肪酸的比例增加而不饱和

脂肪酸的比例降低。

本研究中,大鲵肌肉 Ca(162.15 $\mu\text{g/g}$)和 P 含量(1 020 $\mu\text{g/g}$)均与鱼类相近,但 Zn 含量高达 15.35 $\mu\text{g/g}$,较甘露青鱼(5.52 $\mu\text{g/g}$)^[32]、中华倒刺鲃(5.20 $\mu\text{g/g}$)^[33]等优质食用鱼类高。Zn 是儿童生长发育必需的重要矿质元素,是人体中 100 多种酶的组成部分,参与蛋白质、脂肪、糖、核酸等的代谢,与动物的生长、发育、繁殖、免疫调节和激素活性(生长激素、胰岛素、性激素、肾上腺皮质激素)等相关。此外,Zn 还能诱导金属硫蛋白(MT)的合成,从而达到排出机体内有毒重金属的目的,对于水环境污染净化及人类健康意义重大。因此,妊娠期妇女和儿童食用大鲵可以有效补充 Zn。

[参考文献]

- [1] 宋鸣涛.秦岭太白山北坡两栖爬行动物[J].动物学杂志,1986(5):9-12.
Song M T. Amphibians and reptiles in north slope of Qinling and Taibai mountain[J]. Chinese Journal of Zoology, 1986(5): 9-12. (in Chinese)
- [2] CITES Secretariat International Environment House. Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora(CITES), appendices I, II and III [EB/OL]. (2010-10-14) [2010-12-17] <http://www.cites.org/eng/app/appendices.shtml/>.
- [3] Chan S T H, Sandor T, Lofts B. A histological, histochemical, and biochemical study of the adrenal tissue of the Chinese giant salamander (*Andrias davidianus* Blanchard) [J]. General and Comparative Endocrinology, 1975, 25(4): 509-516.
- [4] Lan S C, Li D F, Jiang J C. Call and skin glands secretion induced by stimulation of midbrain in urodele (*Andrias davidianus*) [J]. Brain Research, 1990, 528(1): 159-161.
- [5] 杨楚彬, 罗凯坤, 周海燕, 等. 大鲵输卵管的基本组织结构及其发育变化[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2003, 26(1): 64-68.
Yang C B, Luo K K, Zhou H Y, et al. The basic histological structure and developmental variations of oviduct in big salamander, *Andrias davidians* [J]. Journal of Natural Science of Hunan Normal University, 2003, 26(1): 64-68. (in Chinese)
- [6] 王高学, 白占涛, 张向前, 等. 大鲵赤皮病病原分离鉴定及防治试验[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(4): 71-74.
Wang G X, Bai Z Q, Zhang X Q, et al. Studies on the red skin disease in *Andrias davidianus* [J]. Journal of Northwest Agricultural University, 1999, 27(4): 71-74. (in Chinese)
- [7] Zhang P, Chen Y Q, Liu Y F, et al. The complete mitochondrial genome of the Chinese giant salamander, *Andrias davidianus* (Amphibia: Caudata) [J]. Gene, 2003, 311: 93-98.
- [8] Yang L P, Meng Z N, Liu Y, et al. Growth hormone and prolactin in *Andrias davidianus*: cDNA cloning, tissue distribution

- and phylogenetic analysis [J]. General and Comparative Endocrinology, 2010, 165(2): 177-180.
- [9] 李林强, 咎林森, 田万强, 等. 大鲵脂肪组织分布及其理化特性 [J]. 西北农业学报, 2010, 19(2): 7-10.
- Li L Q, Zan L S, Tian W Q, et al. Adipose tissue distribution and physical and chemical properties of *Andrias davidianus* [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2010, 19(2): 7-10. (in Chinese)
- [10] 李林强, 咎林森. 中国大鲵肌内脂肪酸组成及其抗氧化研究 [J]. 食品工业科技, 2010(1): 364-366.
- Li L Q, Zan L S. Study on fatty acids composition and antioxidant of Chinese giant salamander muscle oil [J]. Science and Technology of Food Industry, 2010(1): 364-366. (in Chinese)
- [11] 权清转, 郭亮侠, 蒋志武. 大鲵肉氨基酸成分分析 [J]. 淡水渔业, 1987(4): 39-40.
- Quan Q Z, Guo L X, Jiang Z W. Analysis of amino acid composition and content of *Andrias davidianus* [J]. Freshwater Fisher, 1987(4): 39-40. (in Chinese)
- [12] 杨代勤. 大鲵肌肉及其天然饵料营养成分的比较研究 [J]. 水产学报, 1990, 14(4): 351-356.
- Yang D Q. Study on nutrient composition in muscle and its natural diets of the giant salamander [J]. Journal of Fisheries of China, 1990, 14(4): 351-356. (in Chinese)
- [13] 杨红生, 杨干荣, 王 辉. 大鲵六种组织中游离脂肪酸的分析 [J]. 河南师范大学学报: 自然科学版, 1992, 20(1): 115-117.
- Yang H S, Yang G R, Wang H. An alysis of free fatty acdts in some tissues of giant salamander [J]. Journal of Henan Normal University: Natural Science Edition, 1992, 20(1): 115-117. (in Chinese)
- [14] 黄世英, 郭文韬, 杨志伟, 等. 人工养殖大鲵肉营养成分分析 [J]. 时珍国医国药, 2009, 20(5): 1-2.
- Huang S Y, Guo W T, Yang Z W, et al. An analysis of the nutritive composition and content in muscle of *Andrias davidianus* [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2009, 20(5): 1-2. (in Chinese)
- [15] 刘 绍, 孙 麟, 阳爱生, 等. 饲养中国大鲵氨基酸组成分析 [J]. 氨基酸和生物资源, 2007, 29(4): 53-55.
- Liu S, Sun L, Yang A S, et al. Analysis of amino acid composition and content in *Andrias davidianus* [J]. Amino Acids and Biotic Resources, 2007, 29(4): 53-55. (in Chinese)
- [16] 刘 绍, 刘卉琳, 周治德, 等. 饲养中国大鲵肝脏与肌肉中几种重要脂肪酸的测定与分析 [J]. 食品与机械, 2009, 25(3): 21-26.
- Liu S, Liu H L, Zhou Z D, et al. Determination and analysis of essential fatty acid in *Andrias davidianus*' liver and muscle [J]. Food and Machinery, 2009, 25(3): 21-26. (in Chinese)
- [17] 刘 绍, 阳爱生, 彭国平, 等. 饲养中国大鲵软骨与肌肉中几种重要矿物质的 ICP-AES 法测定与分析 [J]. 食品工业科技, 2007, 28(8): 225-226.
- Liu S, Yang A S, Peng G P, et al. Determination and ICP-AES analysis of some kinds of important minerals between cartilage and muscle of *Andrias davidianus* [J]. Science and Technology of Food Industry, 2007, 28(8): 225-226. (in Chinese)
- [18] 王 军, 于月英, 李林强, 等. 中国大鲵油脂脂肪酸成分及流变特性分析 [J]. 食品科技, 2009, 30(24): 405-408.
- Wang J, Yu Y Y, Li L Q, et al. Fatty acid compositions and rheological properties of oil from Chinese giant salamander (*Andrias davidianus*) [J]. Food Science and Technology, 2009, 30(24): 405-408. (in Chinese)
- [19] 艾为明, 陈少波, 曾国权, 等. 人工模拟生态养殖子二代大鲵肌肉营养成分分析 [J]. 水生态学杂志, 2008, 1(2): 120-123.
- Ai W M, Chen S B, Zeng G Q, et al. Nutritional components of the muscle of the artificial breeding Chinese giant salamander in simulated ecological condition [J]. Journal of Hydroecology, 2008, 1(2): 120-123. (in Chinese)
- [20] Pellett P L, Yong V R. Nutritional evaluation of protein food [M]. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980: 26-29.
- [21] 周兴华, 郑曙明, 吴 青, 等. 齐口裂腹鱼肌肉营养成分的分析 [J]. 大连水产学院学报, 2005, 20(1): 20-24.
- Zhou X H, Zhen S M, Wu Q, et al. An analysis of the nutritive composition in muscle of prenants schizothoracin *Schizothorax prenanti* [J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2005, 20(1): 20-24. (in Chinese)
- [22] 温小波, 库天梅, 李伟国. 4 种优质底栖淡水鱼类肌肉营养成分的比较 [J]. 大连水产学院学报, 2003, 18(2): 99-103.
- Wen X B, Ku Y M, Li W G. Comparative analysis of the nutritional composition in muscle of four species of excellent freshwater fishes [J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2003, 18(2): 99-103. (in Chinese)
- [23] 陈定福, 何学福, 周启贵. 南方大口鲶和鲢鱼的含肉率及鱼肉的营养成分 [J]. 动物学杂志, 1990(1): 7-10.
- Chen D F, He X F, Zhou Q G. Flesh fish contents and nutritional ingredients of *Silurus soldatovi meridionalis* chen and catfish [J]. Chinese Journal of Zoology, 1990(1): 7-10. (in Chinese)
- [24] 钱辉跃. 黄鳝肌肉组织成份的测定和评价 [J]. 水产养殖, 2004(8): 31-32.
- Qian H Y. Measurement and evaluation analysis of nutritive composition in muscle of *Monopterus albus* [J]. Journal of Aquaculture, 2004(8): 31-32. (in Chinese)
- [25] 杨太有, 彭仁海, 赵道全. 俄罗斯鲟肌肉营养成分的分析 [J]. 水产科学, 2005, 24(4): 15-17.
- Yang T Y, Peng R H, Zhao D Q. Approximate compositions in muscle of Russian Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedti* Brandt) [J]. Fisheries Science, 2005, 24(4): 15-17. (in Chinese)
- [26] 杨 明, 龙 虎, 文勇立, 等. 四川牦牛、黄牛不同品种肌肉脂肪酸组成的气相色谱-质谱分析 [J]. 食品科学, 2008, 29(3): 444-449.
- Yang M, Long H, Wen Y L, et al. Analysis of muscle fatty acid composition of different breed yaks and yellow cattles in Sichuan by GC-MS [J]. Food Science, 2008, 29(3): 444-449. (in Chinese)

[27] 田颖刚,谢明勇,吴红静,等. 乌骨鸡与非药用鸡种鸡肉总脂质含量及脂肪酸组成的比较 [J]. 食品与生物技术学报,2007,26(3):29-32.
Tian Y G,Xie M Y,Wu H J,et al. Comparison of total lipid content and fatty acid composition of meat from black-bone silky fowl and other chickens [J]. Journal of Food Science and Biotechnology,2007,26(3):29-32. (in Chinese)

[28] 舒妙安. 棘胸蛙肌肉营养成分的分析: I. 一般营养成分的含量及脂肪酸的组成 [J]. 浙江大学学报:理学版,2000,27(4):433-437.
Shu M A. An analysis of the nutritive compositions in muscle of *Rana spinosa*: I. Contents of normal nutrients and compositions of fatty acids [J]. Journal of Zhejiang University: Sciences Edition,2000,27(4):433-437. (in Chinese)

[29] 赵 静,陈 琦,张立岭,等. 缅甸蟒脂肪酸分析 [J]. 四川动物,2009,28(6):899-900.
Zhao Q,Chen Q,Zhang L L,et al. Study on the fatty acids of Burmese Python(*Python molurus bivittatus*) oil [J]. Sichuan Journal of Zoology,2009,28(6):899-900. (in Chinese)

[30] 刘小如,邓泽元,吴和利,等. 鄱阳湖 8 种淡水蚌脂肪含量及脂肪酸组成研究 [J]. 水生生物学报,2009,33(1):146-151.
Liu X R,Deng Z Y,Wu H L,et al. Study on content of lipid and composition of fatty acids in eight kinds of fresh water mussel in the Poyang lake [J]. Acta Hydrobiologica Sinica,2009,33(1):146-151. (in Chinese)

[31] 童圣英. 四种鲤科鱼类越冬时脂肪酸组成的变化 [J]. 水产学报,1997,12(4):373-379.
Tong S Y. Changes of fatty acid composition in carp during winter [J]. Journal of Fisheries of China,1997,12(4):373-379. (in Chinese)

[32] 蔡宝玉,王利平,王树英. 甘露青鱼肌肉营养分析和评价 [J]. 水产科学,2004,23(9):34-35.
Cai B W,Wang L P,Wang S Y. Analysis and evaluation of composition of muscle in black carp from ganlu company limited [J]. Fisheries Science,2004,23(9):34-35. (in Chinese)

[33] 邴旭文,蔡宝玉,王利平. 中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价 [J]. 中国水产科学,2005(12):211-215.
Bing X W,Cai B Y,Wang L P. Evaluation of nutritive quality and nutritional components in *Spinibarbus sinensis* muscle [J]. Journal of Fishery Sciences of China,2005(12):211-215. (in Chinese)

[34] 肖 玫,欧志强. 深海鱼油中两种脂肪酸(EPA 和 DHA)的生理功效及机理的研究进展 [J]. 食品科学,2005,26(8):522-526.
Xiao M,Ou Z Q. Research progress of the physiological function and mechanism of two kinds of fatty acid (EPA and DHA) in the fish oil of deep sea [J]. Journal of Food Science,2005,26(8):522-526. (in Chinese)

(上接第 66 页)

[20] Ksudhik S J,Coves D,Dutto G. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost,the European seabass,*Dicentarchus Labrax* [J]. Aquaculture,2004,230:391-404.

[21] Van den Ingh T S G,Krogdahl A M A,Olli J J,et al. Effects of soybean-containing diets on the proximal and distal intestine in Atlantic salmon(*Salmo salar*): a morphological study [J]. Aquaculture,1991,94:297-305.