

几种鱼类胶原蛋白营养生理的初探

王正阳¹, 张铭泉¹, 王萧², 郝亭亭³, 严晖², 史庆超³, 荣华^{1*}, 孔令富^{1*}

(1. 云南农业大学高原渔业学院, 云南昆明 650201; 2. 云南省高校高原渔业资源保护与可持续利用重点实验室, 云南昆明 650201; 3. 内江师范学院, 长江上游鱼类资源保护与利用四川省重点实验室, 四川内江 641112)

摘要 [目的]对云南昆明本地饲养的9种鱼类胶原蛋白营养生理进行分析和评估。[方法]选取9种鱼类, 对其进行粗蛋白和胶原蛋白含量测定, 并挑选4种食性不同的鱼类进行 *col1a1* 基因表达水平测定。[结果]9种鱼类粗蛋白含量以加州鲈最高(占全鱼总重的20.84%), 鳊鱼次之(占比为20.10%); 鱼类胶原蛋白含量最高的为裂腹鱼(7.65 μg/g), 鳊鱼次之(6.58 μg/g)。4种鱼类中, *col1a1* 基因表达水平最高的为裂腹鱼, 且与其他3种鱼类的表达水平间差异显著($P < 0.05$)。[结论]该研究可为实际生产过程中胶原蛋白原材料的选取提供理论参考。

关键词 鱼类; 胶原蛋白; 差异表达基因

中图分类号 TS254.9 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)02-0180-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.02.049



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Preliminary Study on Nutritive Physiology of Several Fish Collagen Proteins

WANG Zheng-yang¹, ZHANG Ming-xiao¹, WANG Xiao² et al (1. Plateau Aquacultural College, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201; 2. Key Laboratory of Plateau Fishery Resources Conservation and Sustainable Utilization in Universities of Yunnan Province, Kunming, Yunnan 650201)

Abstract [Objective] To analyze and evaluate the nutritional physiology of collagen in 9 species of fish raised locally in Kunming, Yunnan Province. [Method] The content of crude protein and collagen in 9 species of fish were determined, and the expression level of *col1a1* gene in 4 species of fish with different diets was determined. [Result] The crude protein content of California perch was the highest (20.84% of total body weight), followed by mandarin fish (20.10%). The highest collagen content was found in schizobelly fish (7.65 μg/g), followed by big-head fish (6.58 μg/g). The highest expression level of *col1a1* gene was found in schizobelly fish, and there was significant difference between the expression level of *col1a1* gene and the other three species ($P < 0.05$). [Conclusion] This study can provide a theoretical reference for the selection of collagen raw materials in the actual production process.

Key words Fish; Collagen; Differentially expressed genes

我国是淡水鱼养殖第一大国^[1], 淡水鱼养殖技术日益成熟, 而且不再局限于大宗淡水鱼的养殖, 越来越多的鱼类品种被不断开发利用, 而对不同鱼类的粗蛋白、粗脂肪、水分、灰分和胶原蛋白等的测定并对比分析, 对鱼类的品种开发及利用具有重要意义^[2]。如今胶原蛋白的结构和功能被广泛研究, 这主要由于胶原蛋白的功能与其三重螺旋结构, 这种三重螺旋结构非常稳定, 而且还有低免疫原性和良好的生物相容性等优良的性质, 是胶原蛋白被多个行业所应用的重要原因^[3-5]。水产类动物的胶原蛋白也越来越多的被利用, 如在保健品行业中, 根据陈静等^[6]的研究, 一种米鱼鳔可制作成保健酒。而迟长风等^[7]则研究发现, 可从大黄鱼的鱼鳔中提取降血压的肽。特别是最近几年, 随着生活水平的提高, 鱼胶原蛋白作为一种美颜养生的滋补品, 逐渐为人们所推崇, 已有不少鱼胶原蛋白产品被生产^[8-10]。随着人们对优质胶原蛋白的追求, 对鱼胶原蛋白类产品的开发利用有较好的前景。目前胶原蛋白的生产来源主要依赖于陆地生物(主要为猪和牛), 价格偏高, 相对比而言, 水产动物是胶原蛋白较为经济、实用和安全的来源, 但因水产动物的胶原蛋白加工

复杂等原因未能打开市场, 这是胶原蛋白加工业面临的主要困境。为此, 笔者对几种鱼类的胶原蛋白含量进行测定分析, 以期胶原蛋白的原材料选取提供参^[11-13]。

1 材料与方法

1.1 材料 在昆明市农贸市场, 购买青鱼、高背鲫、加州鲈、草鱼、鳊鱼、鲢鱼、鳙鱼、虹鳟和裂腹鱼各数只, 每种选取10尾, 进行屠宰后粉碎干燥, 备用。

1.2 测定指标 蛋白质含量采用凯氏定氮法测定; 胶原蛋白含量的测定参照羟脯氨酸(Hyp)测定试剂盒(碱水解法)说明书的方法进行。总RNA的提取参照TIANGEN DP419试剂盒说明书的方法进行, 差异基因的荧光定量验证参照TSK302S试剂盒说明书的方法进行。

1.3 数据统计与分析 使用Excel表格整理这几种鱼类的原始数据, 所有试验数据采用SPSS 21.0软件进行单因素方差分析, 差异显著时进行LSD多重比较, 试验数据以“平均数±标准误”表示^[14]。

2 结果与分析

2.1 粗蛋白的测定与分析 由表1可知, 9种鱼类粗蛋白含量最高是加州鲈, 为20.84%; 鳊鱼次之, 粗蛋白占比为20.10%; 鲢鱼粗蛋白含量最低, 粗蛋白占比为18.31%。其中, 加州鲈粗蛋白的含量显著高于青鱼、鲢鱼、草鱼、裂腹鱼、鳊鱼、鳙鱼、虹鳟和滇池高背鲫($P < 0.05$); 鳊鱼粗蛋白的含量显著低于加州鲈、裂腹鱼、鳊鱼和鳙鱼($P < 0.05$)。草鱼的粗蛋白含量为19.18%, 与青鱼、鲢鱼、鳊鱼、虹鳟和滇池高背鲫的

基金项目 云南省农业基础研究联合专项(2018FG001-044); 内江师范学院四川省重点实验室开放基金项目(NJTCCJSYSYS12)。

作者简介 王正阳(1993—), 男, 河南周口人, 硕士研究生, 研究方向: 生态渔业资源和水产动物养殖。*共同通信作者: 荣华, 实验师, 博士, 从事水产动物营养学研究; 孔令富, 副教授, 硕士, 从事水产种质资源保护与利用研究。

收稿日期 2021-04-13; **修回日期** 2021-05-21

粗蛋白含量差异均不显著($P>0.05$),是与其他鱼类相比差异性不显著种类最多(5种)的鱼类。

表1 几种鱼的粗蛋白和胶原蛋白分析比较

Table 1 Comparative analysis of crude protein and collagen of several fishes

种类 Species	粗蛋白 Crude protein %	胶原蛋白 Collagen protein $\mu\text{g/g}$
鳊鱼 Mandarin fish	20.10±0.06 b	5.29±0.47 cd
滇池高背鲫 Dianchi high-back crucian carp	19.07±0.77 de	3.15±0.33 f
青鱼 Herring	18.79±0.46 ef	4.34±0.40 de
鲢鱼 Silver carp	18.31±0.72 ef	3.95±0.50 ef
裂腹鱼 Schizobelly fish	19.72±0.12 bc	7.65±0.47 a
虹鳟 Rainbow trout	18.71±0.05 de	4.56±0.34 de
草鱼 Grass carp	19.18±0.80 cde	3.99±0.31 ef
加州鲈 California perch	20.84±0.10 a	5.73±0.46 bc
鲮鱼 Bighead fish	19.63±0.36 cd	6.58±0.32 ab

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

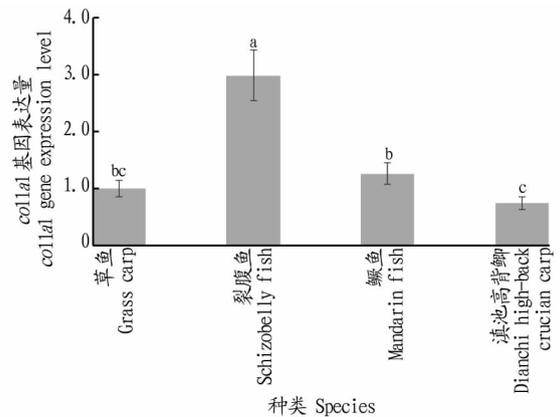
Note: Different lowercase letters in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

2.2 胶原蛋白的测定与分析 由表 1 可知,9 种鱼类胶原蛋白含量最高的为裂腹鱼,其胶原蛋白含量为 $7.65 \mu\text{g/g}$; 鲮鱼次之,其胶原蛋白含量为 $6.58 \mu\text{g/g}$,滇池高背鲫胶原蛋白含量最低,为 $3.15 \mu\text{g/g}$ 。其中,裂腹鱼胶原蛋白含量显著高于鳊鱼、滇池高背鲫、青鱼、鲢鱼、虹鳟、草鱼和加州鲈($P<0.05$)。滇池高背鲫胶原蛋白含量显著低于鳊鱼、青鱼、裂腹鱼、虹鳟、加州鲈和鲮鱼($P<0.05$)。此外,虹鳟胶原蛋白含量为 $4.56 \mu\text{g/g}$,与鳊鱼、青鱼、鲢鱼、草鱼胶原蛋白含量差异性均不显著($P>0.05$),是与其他鱼类相比差异性不显著种类最多(4种)的鱼类。

2.3 *coll1a1* 基因表达水平比较分析 从 9 种鱼中挑选 4 种有代表性的鱼类进行基因的荧光定量验证,结果表明:4 种鱼类,裂腹鱼的 *coll1a1* 基因表达水平平均高于草鱼、鳊鱼和滇池高背鲫,且与草鱼、鳊鱼和滇池高背鲫间的差异性显著($P<0.05$); 鳊鱼的 *coll1a1* 基因表达水平仅次于裂腹鱼,高于草鱼和滇池高背鲫; 滇池高背鲫的 *coll1a1* 基因表达水平最低,但与草鱼间的差异性不显著($P>0.05$) (图 1)。

3 讨论与结论

从食性上分析,加州鲈和鳊鱼是典型的动物性食性鱼类,而裂腹鱼属于偏杂食性鱼类,可见粗蛋白含量是动物性食性鱼类偏高,偏动物性杂食性鱼类含量居中,偏植物性杂食性鱼类含量偏低^[15]。而胶原蛋白作为蛋白质的一种,并不是粗蛋白含量越高胶原蛋白含量就越高,鱼类体内的胶原蛋白含量除了品种外,还与环境因素有关。9 种鱼类的胶原蛋白含量大小分别为:裂腹鱼>鲮鱼>加州鲈>鳊鱼>虹鳟>青鱼>草鱼>鲢鱼>滇池高背鲫。该试验研究中并没有直接数据可证明胶原蛋白的含量与该动物的食性有直接关系。不同食性的鱼类可能会引起胶原蛋白含量的差异,但食性对胶原蛋白含量的影响还需进一步的研究。该研究认为,在相同的生长气候环境下,物种之间的胶原蛋白含量存在较大的



注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

图1 *coll1a1* 基因表达水平比较分析

Fig.1 Comparative analysis of *coll1a1* gene expression level

差异。

I 型胶原蛋白占骨骼有机质成分的 90% 以上^[16],对于生物力学性能至关重要,也是保证胶原蛋白数量、质量和胶原三螺旋结构的重要蛋白。研究显示,*coll1a1* 基因缺陷的动物表现为胶原蛋白数量减少或质量异常和胶原三螺旋结构紊乱,以及成骨不全^[17-18]。*coll1a1* 基因表达量较低或是发生突变,均将改变鱼类的生长发育。该试验结果显示,*coll1a1* 基因表达量与鱼体内的胶原蛋白呈正相关,与上述研究结果一致。该试验中,在 4 种鱼类中,胶原蛋白含量均为裂腹鱼最高,且其 *coll1a1* 基因表达量高于草鱼、鳊鱼和滇池高背鲫,鱼类 *coll1a1* 基因的表达量与鱼体内的胶原蛋白含量大小一致。表明胶原蛋白的合成与 *coll1a1* 基因表达量有密切的关联。

该研究综合得出,9 种鱼类中,裂腹鱼粗蛋白含量偏高,胶原蛋白含量最高,比其他几种鱼类更适合作为胶原蛋白的原材料。

参考文献

- [1] 王健,宿墨.大宗淡水鱼养殖产业走向思考[J].中国水产,2018(12):58-60.
- [2] 贺汝良.宁夏历年引进鱼类品种的评价及其开发利用[J].宁夏农林科技,1987,28(2):44-47,42.
- [3] 蒋挺大.胶原与胶原蛋白[M].北京:化学工业出版社,2005:1-14,46.
- [4] KARNA E, SZOKA L, HUYNH T Y L, et al. Proline-dependent regulation of collagen metabolism[J]. Cellular and molecular life sciences, 2020, 77(10):1911-1918.
- [5] LI P, WU G Y. Roles of dietary glycine, proline, and hydroxyproline in collagen synthesis and animal growth[J]. Amino acids, 2018, 50(1):29-38.
- [6] 陈静,邓尚贵,黄玉婷.一种米鱼鳔保健酒:CN201310415025.3[P].2015-02-11.
- [7] 迟长凤,王斌,陈荫,等.一种大黄鱼鳔降压肽及其制备方法和用途:CN201410218251.7[P].2014-08-13.
- [8] DING Y Z, QIN L H, ZAMARIN D, et al. Differential IL-10R1 expression plays a critical role in IL-10-mediated immune regulation[J]. Journal of immunology, 2001, 167(12):6884-6892.
- [9] BRODSKY B, PERSIKOV A V. Molecular structure of the collagen triple helix[J]. Advances in protein chemistry, 2005, 70:301-339.
- [10] TANAKA M, KOYAMA Y I, NOMURA Y. Effects of collagen peptide ingestion on UV-B-induced skin damage[J]. Bioscience, biotechnology, and biochemistry, 2009, 73(4):930-932.

(下转第 226 页)

估算体积的模型精度要高于用沟长估算体积的模型精度。以切沟面积估算体积的模型中,以 3D 法为基准比较 3 种断面法的精度,发现采用最适宜断面法所测量面积估算体积的模型精度更好。

3 结论

(1) 该区域切沟形状大多为 V~U 形,50% 以上切沟的顶宽变异系数为 20%~30%。切沟从沟头到沟中再到沟口,沟宽不断增大,而沟深变化不显著,切沟主要为横向侵蚀。该区域实地测量时,采用非均匀间距断面法获取切沟体积时产生的相对误差更小。

(2) 断面形状呈 U 形的切沟,采用均匀间距断面法测算体积更为准确;呈 V 形的切沟,适宜采用非均匀间距断面法;断面形状呈 V~U 形时,若顶宽从沟头到沟口变化较大时适宜采用非均匀间距断面法,当顶宽从沟头到沟口变化较小时适宜采用均匀间距断面法测算切沟体积。野外测量要考虑沟道沟宽的变化,选择正确的断面位置,以提高测量精度。

(3) 该区域切沟利用面积估算切沟体积的模型精度要高于用沟长估算体积的模型精度,对体积进行估算时建议采用根据适宜断面法测量数据建立的由面积估算体积的模型,该模型精度最高。

表 5 切沟体积预测值与实测值的相对误差和纳什系数

Table 5 Relative error and Nash coefficient between the predicted value and measured value of gully volume

测量方法 Measurement methods	总实测体积 Total measured volume//m ³	总预测体积 Total predicted volume//m ³	E_{r-1}	E_{ns-1}	E_{r-a}	E_{ns-a}
均匀间距断面法 Uniform spacing section method	17 119.4	21 901.8	0.84	0.76	0.68	0.82
非均匀间距断面法 Non-uniform spacing section method	17 119.4	22 807.3	0.87	0.77	0.67	0.82
适宜断面法 Suitable section	17 119.4	22 139.4	0.83	0.77	0.63	0.83
3D 法 3D method	17 119.4	21 344.1	0.76	0.78	0.53	0.84

注: E_{r-1} 为 V-L 模拟值的相对误差; E_{ns-1} 为 V-L 模拟值的纳什系数; E_{r-a} 为 V-A 模拟值的相对误差; E_{ns-a} 为 V-A 模拟值的纳什系数

Note: E_{r-1} .Relative error of V-L analog value; E_{ns-1} .Nash coefficient of V-L analog value; E_{r-a} .Relative error of V-A analog value; E_{ns-a} .Nash coefficient of V-A analog value

参考文献

- [1] 罗来兴,划分晋西、陕北、陇东黄土区沟间地与沟谷的地貌类型[J].地理学报,1956,11(3):201-222.
- [2] 那嘉明,杨昕,李敏,等.黄土高原切沟地貌学研究述评[J].地理与地理信息科学,2016,32(4):68-75.
- [3] 姜芸,王军,张莉.东北典型黑土区侵蚀沟形态及分布特征[J].农业工程学报,2020,36(7):157-165.
- [4] 吴红艳.黄土丘陵区发育活跃期切沟形态特征与转换模型研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [5] 张光辉.切沟侵蚀研究进展与展望[J].水土保持学报,2020,34(5):1-13.
- [6] 杨松.黄土丘陵区切沟侵蚀过程及影响因子研究[D].北京:北京林业大学,2016.
- [7] 李镇,张岩,杨松,等.QuickBird 影像目视解译法提取切沟形态参数的精度分析[J].农业工程学报,2014,30(20):179-186.
- [8] 赵春敬,焦菊英,税军锋,等.西藏中南部侵蚀沟形态无人机航测与传统地面测量的对比分析[J].水土保持通报,2019,39(5):120-127.
- [9] 邓青春.元谋干热河谷区细沟形态的高精度探测方法研究[D].成都:成都理工大学,2019.
- [10] 唐杰,张岩,范聪慧,等.使用高分遥感立体影像提取黄土丘陵区切沟参数的精度分析[J].农业工程学报,2017,33(18):111-117.
- [11] 张岩,杨松,李镇,等.陕北黄土区水平条带整地措施对切沟发育的影响[J].农业工程学报,2015,31(7):125-130.
- [12] FRANKL A, POESEN J, SCHOLIERS N, et al. Factors controlling the morphology and volume (V)-length (L) relations of permanent gullies in the northern Ethiopian Highlands[J]. Earth surface processes and landforms, 2013, 38(14): 1672-1684.
- [13] 张岩,范聪慧,龚颖华,等.基于 QuickBird 影像的黄土丘陵区坡面浅沟侵蚀速率研究[J].农业机械学报,2017,48(8):239-244.
- [14] 李镇,张岩,尚国珩,等.晋西黄土区切沟断面特征及体积估算模型[J].农业工程学报,2018,34(6):152-159.
- [15] 吴起县志[EB/OL]. [2020-11-07]. http://www.sxsxdq.cn/dqzlk/dfz_sxz/wqzx/.
- [16] 李豪,卢纪元,魏天兴,等.陕北黄土高原不同微地形下植被-土壤系统耦合特征研究[J].四川农业大学学报,2019,37(2):192-198,214.
- [17] 朱显谟.黄土区土壤侵蚀的分类[J].土壤学报,1956(2):99-115.
- [18] 齐菲.黄土丘陵沟壑区切沟形态特征及影响因子研究[D].石家庄:河北地质大学,2017.
- [19] 赵春红,高建恩.坡面不同侵蚀沟断面特征及水力几何形态[J].水科学进展,2016,27(1):22-30.
- [20] 周毅,王泽涛,杨锋.基于 DEM 的黄土沟谷横剖面形态特征研究:以宜君、延安、绥德为例[J].地理科学,2020,40(3):455-465.
- [21] 郑粉莉,徐锡蒙,覃超.沟蚀过程研究进展[J].农业机械学报,2016,47(8):48-59,116.
- [15] 李国治,鲁绍雄,严达伟,等.云南裂腹鱼肌肉生化成分分析与营养品质评价[J].南方水产,2009,5(2):56-62.
- [16] 冯晓丽,张忠辉.I 型胶原 C 末端肽的检测方法和临床运用[J].中国骨质疏松杂志,2000,6(4):87-89,19.
- [17] 宋玉文,李梅.I 型胶原蛋白代谢异常导致成骨不全症机制研究进展[J].中国实用内科杂志,2017,37(7):667-670.
- [18] PARK S H, JEONG S H, KIM S W. β -Lapachone regulates the transforming growth factor- β -Smad signaling pathway associated with collagen biosynthesis in human dermal fibroblasts[J]. Biological and pharmaceutical bulletin, 2016, 39(4): 524-531.

(上接第 181 页)

- [11] 王忠稳.鱼源胶原蛋白提取、性能分析及其生物材料的构建[D].武汉:武汉轻工大学,2014.
- [12] FERREIRA A M, GENTILE P, SARTORI S, et al. Biomimetic soluble collagen purified from bones[J]. Biotechnology journal, 2012, 7(11): 1386-1394.
- [13] 邓浩,党政,尹青春,等.胶原蛋白的研究进展[J].广州化工,2019,47(18):27-30.
- [14] 荣华,刘丽仙,豆腾飞,等.武定鸡和大围山微型鸡器官指数比较及其与屠体性状的相关性分析[J].中国家禽,2014,36(22):12-15.