淡水鱼鱼鳞生物结合力与去鳞特性的试验研究

王玖玖[1]，宗 力[1※]，熊善柏[2]

（1. 华中农业大学工学院，武汉 430070； 2. 国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心，武汉 430070）

摘 要：为研究影响淡水鱼去鳞难易程度的因素，以鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼 4 种淡水鱼为试验对象，利用 TMS-PRO 质构仪对鱼鳞与鱼体的生物结合力进行了测量，研究了鱼鳞所处部位、加载速率、死亡时间对鱼鳞生物结合力的影响。同时，测量了淡水鱼单位面积内的鱼鳞数目，淡水鱼的滑动摩擦角，进行了去鳞试验。在此基础上分析并验证了单位面积鱼鳞生物结合力对去鳞的影响，表明淡水鱼单位面积鱼鳞生物结合力越大，去鳞越难，为去鱼鳞设备的研制提供参考。

关键词：鱼，去鳞，摩擦，淡水鱼，生物结合力，摩擦角，刀具

doi：10.3969/j.issn.1002-6819.2012.03.050

中图分类号：TS254 **文献标志码**：A **文章编号**：1002-6819(2012)-03-0288-05

王玖玖，宗 力，熊善柏. 淡水鱼鱼鳞生物结合力与去鳞特性的试验研究[J]. 农业工程学报，2012，28(3)：288－292.
Wang Jiujiu, Zong Li, Xiong Shanbo. Study on scale bio-adhesion force and scaling properties for freshwater fish[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(3): 288－292. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

中国淡水鱼产量居世界第一位，2009 年达 2 109.9 万 t[1]，占全年鱼类总产量的 70.54%，而多年来淡水鱼的加工率不足 5%[2]，去鳞方法上以手工为主，专业的去鳞设备很少见。国外主要针对海水鱼去鳞或鱼皮研制了一批设备，但对淡水鱼去鳞效果不佳。国内谢星海，张均波等人提出利用搓擦原理的去鱼鳞设备[3-4]，刘良忠等提出了一种连续式的去鱼鳞设备[5]，王玖玖等对去鱼鳞的关键部件进行了研究[6]。鱼鳞含有丰富的蛋白质和各种矿物质[7-9]，可以制备鱼鳞胶，制备羟基磷灰石，作为营养保健品原料，作为饲料营养强化剂，作为新型材料原料等[10-18]，具有很好的利用价值。提高淡水鱼去鳞的机械化水平，对提高淡水鱼机械化加工水平有重要意义，同时能更集中地收集、更有效地利用鱼鳞。因此，研究淡水鱼的去鳞特性，为淡水鱼去鳞设备的研制提供理论依据显得十分必要。

该研究使用 TMS-PRO 质构仪，测试了鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼 4 种淡水鱼鱼鳞与鱼体的生物结合力，研究鱼鳞所处部位、加载速率和死亡时间对鱼鳞生物结合力的影响。测试白鲢、鳊鱼和鲫鱼顺鱼鳞和逆鱼鳞方向滑动的摩擦角，以自制去鳞试验台为平台研究鱼体与刀具间相对速率、鱼体与刀具夹角对去鳞效果的影响，提出并初步分析验证了用鱼体上单位面积鱼鳞生物结合力的大小来衡量去鳞的难易。此研究可为淡水鱼鱼鳞去除设备的研制提供参考。

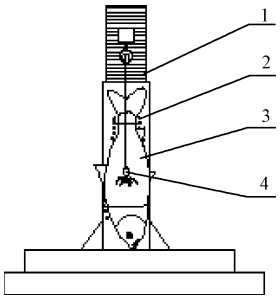
1 试验材料及方法

1.1 材料

试验材料采用鲤鱼（1±0.1）kg、草鱼（1±0.1）kg、鲫鱼（0.2±0.05）kg、鳊鱼（0.4±0.05）kg、白鲢（0.7±0.1）kg，购于武汉市区某市场。

1.2 仪器与设备

1）鱼鳞生物结合力试验台，由美国 FTC 公司生产的 TMS-PRO 质构仪以及自制鱼固定夹具等组成，如图 1 所示。所用 TMS-PRO 型高精度食品物性分析仪，可对样品进行剪切、拉伸、挤压等物性测试。选用随质构仪配置 FTC 公司生产的 10 N 量程的传感器，精度 0.001 N。利用鱼固定夹具使鱼的鱼头向下竖直固定，小夹子夹住鱼鳞并通过细绳与质构仪夹具相连进行鱼鳞生物结合力的测试，测得所用夹子最小夹持力为 14.5 N。



1.质构仪 2.鱼固定夹具 3.试验鱼 4.夹子

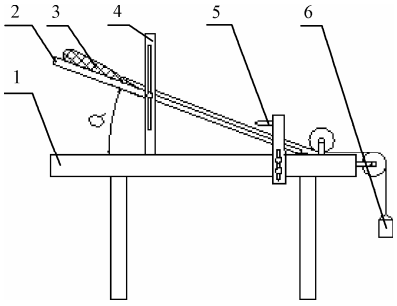
图 1 生物结合力试验台图

Fig.1 Diagram of bio-adhesion force test equipment

2）自制去鳞试验台，如图 2 所示。将鱼置于木板（部件 2）之上，将鱼尾通过细绳与重物（部件 6）相连接，在重物重力作用下带动鱼移动并与刀具（部件 5）相接触

收稿日期：2011-03-11 修订日期：2011-5-25
基金项目：湖北省教育厅高校产学研项目（CXY2009A020）
作者简介：王玖玖（1984－），男，湖北十堰人，主要从事农业机械化工程方面的研究。武汉 华中农业大学工学院，430070。Email: sywangjj@163.com
※通信作者：宗力（1956－），男，湖北武汉人，教授，主要从事农产品加工与装备方面的研究。武汉 华中农业大学工学院，430070。
Email: zongli@mail.hzau.edu.cn

除掉部分鱼鳞。图中木板下端通过铰链与机架绞结，通过角度调节杆（部件 4）调节木板与水平面的夹角，即鱼体与刀具表面的夹角。可以根据鱼的大小调节刀具（部件 5）高度。图中重物（部件 6）为装沙的小桶，可以根据需要调节其质量，从而调节鱼体移动的速率。



1.机架　2.木板　3.试验鱼　4.角度调节杆　5.刀具　6.重物
注：2 为 1 000 mm×400 mm 光滑木板

图 2　去鳞试验台图

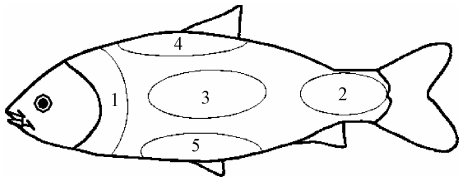
Fig.2　Diagram of fish scaling test equipment

1.3　试验方法

对试验材料中限定大小的淡水鱼，进行以下内容的试验：1）测试鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼四种鱼鱼鳞与鱼体的生物结合力，以不同鱼体部位、加载速率和死亡时间为三个试验因素，研究其对鱼鳞生物结合力的影响；2）测试白鲢、鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼五种淡水鱼鱼体上单位面积内鱼鳞数目；3）测试鱼体在木板（图 2 中部件 2）上滑动的摩擦角，包括鱼体顺向和逆向（定义顺鱼鳞方向为顺向，逆鱼鳞方向为逆向）滑动的摩擦角，为分析计算提供依据；4）调整鱼体与去鳞试验台刀具间的相对速率以及夹角，进行除鳞试验。

1.3.1　生物结合力的测定

以鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼为试验对象，将鱼体划分为 5 个主要区域，如图 2 所示，分别定义为鱼头端、鱼尾端、鱼腹、鱼背、下鳍端，以每个区域为一个水平，测定将各区域鱼鳞从鱼体顺鱼鳞生长方向拔除所需的力（以下称鱼鳞的生物结合力）。试验中用小夹子小心夹住鱼鳞，用细绳将夹子与质构仪夹具相连，顺鱼鳞方向加载力，如图 1 所示。



1.鱼头端　2.鱼尾端　3.鱼腹　4.鱼背　5.下鳍端

图 3　鱼体区域划分图

Fig.3　Diagram of regional division of fish body

1）以死亡 1 h 以内的新鲜鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼为试验对象，取加载速率 40 mm/min，以图 3 所示五区域为 5 个水平，测量将不同区域鱼鳞从鱼体拔掉所需力的大小，每个水平设置 3 次重复，取其平均值，研究鱼鳞在鱼体所处部位对其生物结合力的影响。

2）以死亡 1 h 以内的新鲜鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼为试验对象，以鱼腹部位（即图 3 中区域 3）鱼鳞为试验对象，分别取加载速率 10、20、30、40、50 mm/min 5 个水平，每个水平设置 3 次重复，取其平均值，测量其生物结合力，研究加载速率对鱼鳞生物结合力的影响。

3）以鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼为试验对象，取加载速率 40 mm/min，以即鱼腹部位（即图 3 中区域 3）鱼鳞为试验对象，以死亡时间 1、5 和 24 h 为 3 个水平，分别测其鱼鳞的生物结合力，研究死亡时间对鱼鳞生物结合力的影响。

试验环境：温度−2～3.2℃，相对湿度 55%～75%（24 h 内）。试验过程中保持鱼体湿润，避免鱼体晾干造成鱼鳞粘结。

1.3.2　鱼体上单位面积内鱼鳞数目的测定

鱼鳞生物结合力测试试验中，由于白鲢鱼鳞过小，不能用夹子夹持住，未能进行白鲢鱼鳞生物结合力的测定。淡水鱼鱼体上的鱼鳞部分裸露在外，另外一部分埋于鱼皮中或被相邻鱼鳞覆盖。该试验以白鲢、鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼为试验对象，对几种淡水鱼鱼体上单位面积内鱼鳞的数目进行测定，得出量化的值，便于下一步进行理论分析与计算。具体测试方法：将白纸挖出 3 cm×3 cm 的正方形小孔，覆于鱼体上，数出小孔内的鱼鳞数目，计算出单位面积内鱼鳞的数目。试验设置 3 次重复，取鱼体近鱼头端、鱼腹、近鱼尾端 3 个部位分别测量，取其平均值。

根据试验测得的淡水鱼鱼体上 9 cm^2 内鱼鳞的数目，计算出 1 cm^2 内白鲢、鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼四种淡水鱼鱼鳞的平均数目分别为 21.33，3.67，2.22，1.44，3.44。可见，白鲢单片鱼鳞裸露部分面积最小，约为草鱼的 1/15，鳊鱼的 1/6。

1.3.3　摩擦角的测定

以白鲢、鲫鱼、鳊鱼与试验台所用木板（即图 2 中的部件 2）为试验对象，将鱼体表面水分擦干，分别顺鱼鳞方向向（定义为顺向）和逆鱼鳞方向（定义为逆向）放置鱼，进行滑动摩擦角的测量，每种鱼顺向和逆向各重复 5 次，取其平均值，得到其滑动摩擦角，计算出对应的滑动摩擦系数。

1.3.4　鱼体与刀具相对速率对去鳞效果的影响

以白鲢为试验对象进行该试验。如图 1 所示，固定鱼体与刀具间夹角为 32°，利用上述所测摩擦系数，通过计算调节鱼体高度、重物重量调节鱼体与刀具之间的相对速率，并取鱼体与刀具间相对速率分别为 0.93、1.15、1.53 m/s 3 个水平。每个水平重复三次进行试验，取平均值，研究鱼体与刀具间相对速率对去鳞效果的影响。

去鳞效果用去鳞面积这一指标来衡量，用硫酸纸覆在去鳞后的鱼体上，描绘去鳞部分轮廓，利用坐标纸计算去鳞面积。

1.3.5　鱼体与刀具间夹角对去鳞效果的影响

以白鲢、鲫鱼、鳊鱼为试验对象进行该试验。如图 1

所示，通过计算，使鱼体与刀具间相对速率为 1.15 m/s，取刀鱼体与刀具间夹角为 28°、32°、37° 3 个水平，每个水平重复三次进行试验，取平均值，研究鱼体与刀具间夹角对去鳞效果的影响。

1.3.6 鱼鳞生物结合力对去鳞效果的影响试验

结合所测淡水鱼的生物结合力，分析其对去鳞难易程度的影响。以鲤鱼、鳊鱼、鲫鱼为试验对象，测试鱼体与刀具间相对速率 1.15 m/s，鱼体与刀具间夹角 32°时三种鱼的去鳞面积，对分析结果进行验证。

2 结果与分析

2.1 淡水鱼鱼鳞生物结合力试验

2.1.1 鱼体不同部位鱼鳞的生物结合力

试验测得的结果如表 1 所示。鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼四种鱼鱼鳞的平均生物结合力分别为 1.463、1.170、0.577、0.664 N，最大结合力分别在鱼腹、鱼尾端、鱼尾端、鱼头端。由表可以看出，不同的鱼种，鱼鳞的生物结合力有较大差异；同一种鱼，不同部位鱼鳞的生物结合力也有较大差异。鲤鱼、草鱼、鳊鱼不同部位鱼鳞的生物结合力差异性不同，而鲫鱼各部位鱼鳞的生物结合力差异不明显。方差分析表明，鱼鳞所处部位对鲤鱼、草鱼、鳊鱼 3 种鱼鱼鳞的生物结合力的影响极显著（P<0.01），对鲫鱼鱼鳞的生物结合力的影响不显著（P>0.05）。

表 1 鱼鳞与鱼体间的生物结合力

Table 1 Bio-adhesion forces between fish scales and their bodies

鱼种	生物结合力/N					
	鱼头端	鱼尾端	鱼腹	鱼背	下鳍端	平均
鲤鱼	1.884	0.681	2.137	0.712	1.899	1.463
草鱼	1.361	1.731	1.550	0.687	0.519	1.170
鲫鱼	0.661	0.691	0.610	0.507	0.415	0.577
鳊鱼	0.972	0.375	0.497	0.932	0.545	0.664

2.1.2 加载速率对鱼鳞生物结合力的影响

试验测得的结果如图 4 所示。由图 4 可以看出，随着加载速率的增大，鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼 4 种鱼鱼鳞的生物结合力变化不明显。方差分析表明，加载速率对鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼 4 种鱼鱼鳞的生物结合力影响不显著（P>0.05）。即在一定范围内，加载速率对鱼鳞生物结合力的影响不明显。

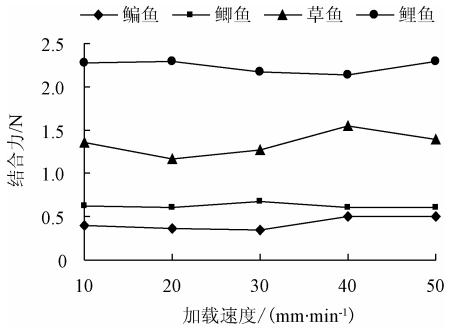
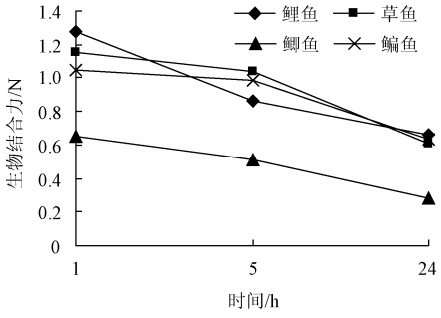


图 4 加载速率与鱼腹部位鱼鳞生物结合力

Fig.4 Bio-adhesion force of fish scales vs loading rate

2.1.3 死亡时间对鱼鳞生物结合力的影响

试验得到的结果如图 5 所示。由图 5 可以看出，随着死亡时间的增加，鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼四种鱼鱼鳞的生物结合力均显著减小。方差分析表明，死亡时间对草鱼、鲫鱼鱼鳞生物结合力的影响极显著（P<0.01），对鲤鱼、鳊鱼鱼鳞生物结合力的影响显著（P<0.05）。表明淡水鱼越新鲜，鱼鳞的生物结合力越大。随着鱼体的腐败，鱼鳞与鱼体间的结合力逐渐减小。



注：固定加载速率 40 mm/min，鱼腹部位鱼鳞

图 5 死亡时间与鱼鳞生物结合力

Fig.5 Bio-adhesion forces of fish scales vs time of death

2.2 淡水鱼摩擦角的测定试验

试验测得白鲢、鲫鱼、鳊鱼在去鳞试验台所用木板（图 2 中部件 2）上顺向和逆向滑动的摩擦角以及对应的摩擦系数如表 2 所示，为下一步进行鱼体去鳞分析提供依据。

表 2 淡水鱼的摩擦角与摩擦系数

Table 2 Friction angle and friction coefficient of freshwater fishes

鱼种	摩擦角		摩擦系数	
	顺向	逆向	顺向	逆向
白鲢	33.9	35.5	0.671	0.713
鲫鱼	39.1	48.4	0.813	1.126
鳊鱼	39.9	46.9	0.837	1.069

2.3 淡水鱼去鳞试验

2.3.1 鱼体与刀具相对速率对去鳞效果的影响

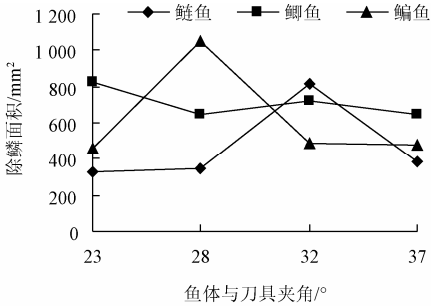
试验测得刀具与鲢鱼间相对速率为 0.93、1.15、1.53 m/s 时，其去鳞面积分别为 560、813、1 176 mm^2。即一定范围内，鱼体与刀具间相对速率越大，去鳞效果越理想。

2.3.2 鱼体与刀具夹角对去鳞效果的影响

鱼体与刀具间相对速率为 1.15 m/s 时，试验得到的鱼体与刀具夹角对去鳞效果的影响如图 6 所示。由图 6 可以看出，不同种鱼，鱼体与刀具间适宜的夹角有所不同，白鲢、鲫鱼、鳊鱼与刀具夹角分别为 32°、23°、28°时去鳞效果最佳。

2.4 鱼鳞生物结合力对去鳞效果的影响分析

去除鱼鳞时，当去鳞力大于鱼鳞与鱼体的生物结合力时，鱼鳞脱落[4]，可将去鳞过程看作是破坏鱼鳞的生物结合力，使鱼鳞从鱼体剥落的过程，鱼鳞的生物结合力影响去鳞的难易。同时，去鳞不是将孤立的一片鱼鳞除



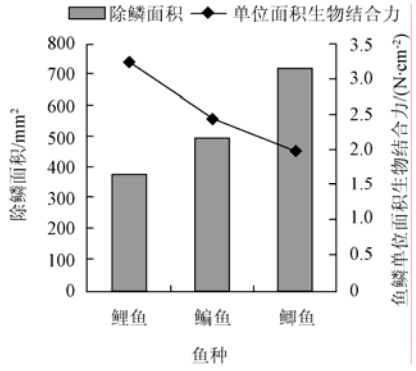
注：鱼体与刀具间相对速率为 1.15 m/s

图 6　鱼体和刀具夹角与去鳞面积

Fig.6　Scaling area vs angle of scaling tool to fish body

掉的过程，而是将相邻多片鱼鳞同时除掉的过程，因此不仅应考虑单片鱼鳞的生物结合力，还需同时考虑被除鱼鳞的数量。在此，将单位面积内鱼鳞的生物结合力作为一个整体的因素考虑，研究其对去鳞效果的影响。结合所测鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼的平均生物结合力以及 1 cm^2 内鱼鳞数目，计算得 4 种鱼单位面积鱼鳞的生物结合力分别为 3.25、1.54、1.98、2.44 N/cm^2。理论分析，仅就单位面积鱼鳞生物结合力这一因素来看，去鳞由难到易依次是鲤鱼、鳊鱼、鲫鱼、草鱼。

以鲤鱼、鳊鱼、鲫鱼为试验对象，鱼体与刀具间相对速率 1.15 m/s，鱼体与刀具间夹角 32°时，测得其去鳞面积分别为 374、490、720 mm^2，鱼鳞单位面积生物结合力与去鳞面积的关系如图 7 所示。结果显示，鱼鳞单位面积生物结合力越大，去鳞越不容易，这与以上理论分析结果相一致。



注：鱼体与刀具间相对速率 1.15 m/S，鱼体与刀具间夹角 32°

图 7　鱼鳞单位面积生物结合力与去鳞面积

Fig.7　Bio-adhesion forces in unit area of fish scales and scaling area

3　结　论

1）对于试验所选取大小的鲤鱼、草鱼、鳊鱼、鲫鱼，其鱼鳞的平均生物结合力分别为 1.463、1.170、0.664、0.577 N，最大结合力分别处于鱼腹、鱼尾端、鱼尾端和鱼头端。

2）鲤鱼、草鱼、鳊鱼不同部位鱼鳞的生物结合力差异性不同，鱼鳞所处部位对该三种鱼鱼鳞的生物结合力的影响极显著；鱼鳞所处部位对鲫鱼生物结合力的影响不显著。

3）10～50 mm/min 范围内，加载速率对鲤鱼、草鱼、鳊鱼、鲫鱼四种鱼鱼鳞生物结合力的影响不显著。

4）刀具与鱼之间的相对速率 0.93～1.53m/s 范围内，鱼体与刀具间相对速率越大，去鳞效果越好。白鲢、鲫鱼、鳊鱼与去鳞刀具间适宜的夹角分别为 32°、23°、28°。

5）通过测量并计算得鲤鱼、草鱼、鲫鱼、鳊鱼 4 种鱼单位面积鱼鳞的生物结合力分别为 3.25、1.54、1.98、2.44 N/cm^2。提出用淡水鱼鱼体单位面积鱼鳞生物结合力的大小来研究去鳞的难易程度，初步分析并验证了单位面积鱼鳞生物结合力越大，去鳞越不容易。

由于白鲢鱼鳞太小，不易用该试验方法中所述的夹子夹持，未能对其进行生物结合力的测试，有待使用其他方法进行研究。

［参　考　文　献］

[1] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴-2010[M]. 北京：中国统计出版社.

[2] 张憋，张骏. 国内外低值淡水鱼加工与下脚料利用的研究进展[J]. 食品与生物技术学报，2006，25(5)：115－120，126.
Zhang Min, Zhang Jun. A research review of low value freshwater fishes processing and their discards utilization[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2006, 25(5): 115－120, 126. (in Chinese with English abstract)

[3] 谢星海，张景生. 除鱼鳞机[P]. 中国专利：CN03217270.2，2004-07-14.

[4] 张均波. 淡水鱼机械除鳞技术研究[D]. 武汉：华中农业大学，2004.
Zhang Junbo. Study on Mechanism Shelling Scale for Freshwater Fish[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2004. (in Chinese with English abstract)

[5] 刘良忠，彭三河，刘黎. 一种处理鱼鳞、内脏、黑膜的鱼加工机械[P]. 中国专利：200720085087.2，2008-03-05.

[6] 王玖玖，宗力，熊善柏. 淡水鱼的连续式鱼鳞去除方法[J]. 农业工程学报，2011，27(9)：339－343.
Wang Jiujiu, Zong Li, Xiong Shanbo. Continuous scaling method for freshwater fish[J]. Transactions of the CSAE, 27(9): 339－343. (in Chinese with English abstract)

[7] 高建华，宁正祥. 禽畜皮和鱼鳞的基本成分及氨基酸组成分析[J]. 现代食品科技，2007，23(12)：77－79.
Gao Jianhua, Ning Zhengxiang. Analysis of basic composition and amino acid composition of livestock skin and fish scale[J]. Modern Food Science and Technology, 2007, 23(12): 77－79. (in Chinese with English abstract)

[8] 周燕，曾淦宁，廖象佳. 利用鱼鳞回收海产加工废水中虾青素试验[J]. 广东农业科学，2009(5)：174－175.

[9] Toshiyuki Ikoma, Hisatoshi Kobayashi, Junzo Tanaka, et al. Microstructure, mechanical, and biomimetic properties of fish scales from Pagrus major[J]. Journal of Structural Biology, 2003, 142(3): 327－333.

[10] Sankar S, Sekar S, Mohan R, et al. Preparation and partial characterization of collagen Sheet from fish: Lates calcarifer

scales[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2008, 42(1): 6－9.

[11] Alok Satapathy, Amar Patnaik, Manoj Kumar Pradhan. A study on processing,characterization and erosion behavior of fish(Labeo-rohita) scale filled epoxy matrix composites[J]. Materials and Design, 2009, 30(7): 2359－2371.

[12] Fengxiang Zhang, Zhang Wang, Shiying Xu. Macroporous resin purification of grass carp fish (Ctenopharyngodonidella) scale peptides with in vitro angiotensin-I converting enzyme (ACE) inhibitory ability[J]. Food Chemistry, 2009, 117(3): 387－392

[13] 申锋. 草鱼鱼鳞胶原肽的制备及其特性研究[D]. 武汉：华中农业大学食品科学技术学院，2009.
Shen Feng. Study on Preparation and Characterization of Collagen Peptide from Fish Scales of Grass Carp[D]. Wuhan: College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, 2009. (in Chinese with English abstract)

[14] 钱曼. 鱼鳞胶原蛋白的提取及胶原海绵的制备研究[D]. 武汉：华中农业大学食品科学技术学院，2008.
Qian Man. Extraction of Fish Scale Collagen and Preparation of Collagen Sponge[D]. Wuhan: College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, 2008. (in Chinese with English abstract)

[15] 潘扬. 鲢鱼鱼鳞明胶的制备及其性质研究[D]. 无锡：江南大学食品学院，2008.
Pan Yang. Study on Extraction of Gelatin from Chub Scale and the Product Quality[D]. Wuxi: School of Food Science and Technology, Jiangnan University, 2008. (in Chinese with English abstract)

[16] 杜海燕，李春燕，王慧，等. 鱼鳞中羟基磷灰石的提取及其显微结构的研究[J]. 电子显微学报，2001，20(4)：457－458.

[17] 段蕊，张俊杰，杜修桥. 鱼鳞组成性质及其加工利用的研究进展[J]. 食品与机械，2006，22(5)：128－131.

[18] 张俊杰，段蕊，薛婉丽，等. 鲤鱼鱼鳞在盐酸脱钙过程中的变化[J]. 氨基酸和生物资源，2009，31(1)：44－47.
Zhang Junjie, Duan Rui, Xue Wanly, et al. Study on changes of morphology and mechanical property of fish scales in the process of decalcification by HCL solution[J]. Amino Acids and Biotic Resources, 2009, 31(1): 44－47. (in Chinese with English abstract)

Study on scale bio-adhesion force and scaling properties for freshwater fish

Wang Jiujiu[1], Zong Li[1※], Xiong Shanbo[2]

(1. *College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan* 430070, *China*;
2. *The Sub Centre* (*Wuhan*) *of National Technology and R&D of Staple Freshwater Fish Processing, Wuhan* 430070, *China*)

Abstract: To study the factors affecting the scaling of freshwater fish, carp, grass carp, crucian carp and silver carp were taken as research objects, and TMS-PRO type texture analyzer was used to measure the bio-adhesion force between fish scales and their bodies. Three factors that influence on the bio-adhesion force of fish scale, including the position of fish scales, the loading rate and the time of death, were studied. Then the number of scales in unit area and friction angles of freshwater fishes were measured, and scaling experiments was conducted. The relationship between the bio-adhesion forces of fish scales and the effect of scaling were analyzed and verified. The results show that scaling of freshwater fish will be more difficult when the bio-adhesion force is bigger. This study can provide a reference for design of scaling device for freshwater fish.

Key words: fish, descaling, friction, freshwater fish, bio-adhesion force, friction angle, scaling tool