

采用浮选法分离鱼骨架上残留鱼肉的初步研究

吴建中, 李玛, 胡雪潇, 肖捷楠, 古颖怡

(暨南大学食品科学与工程系, 广东广州 510632)

摘要: 在罗非鱼鱼片的加工过程中会产生约占鱼体重 60% 的鱼骨架、鱼鳃、鱼鳞、鱼皮、内脏等下脚料, 其中鱼骨架(指鱼头、鱼脊骨、肋排、鱼尾部分)超过鱼重的 40%, 而鱼骨架中仍残留有大量的鱼肉, 如何高效地分离出鱼骨架上残留的鱼肉, 实现对鱼骨架的高值化利用是鱼片加工业的一个技术难题。本文介绍了一种利用浮选法分离鱼骨架上鱼肉的中试设备, 初步研究了加热处理对鱼骨架分离的影响, 并利用该设备研究了搅拌速度、进流方向、进流速度对鱼骨鱼肉分离效率的影响。实验结果表明, 当设备以搅拌转速为 1000 r/min, 以切线方向进流且进流速度为 30 L/min 时, 能显著提高设备的分离效率。经试验证实, 本设备能够将经过高温蒸煮的鱼骨架高效的分离为鱼肉、鱼骨、鱼汁三部分, 且得到的鱼肉、鱼骨产品质量好、利用价值高, 可进一步开发成高附加值的食品。

关键词: 罗非鱼; 鱼骨架; 分离; 设备

文章编号: 1673-9078(2015)1-153-157

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.1.028

Preliminary Study on Separating Residual Fish Meat from Fish Skeletons by the Flotation Process

WU Jian-zhong, LI Ma, HU Xue-xiao, XIAO Jie-nan, GU Ying-yi

(Department of Food Science and Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: During the tilapia fillet process, tilapia by-products (including skeletons, gills, scales, fish-skin, and viscera) are produced, which account for 60% of the total fish weight. The fish skeletons (including the head, spine, ribs, and tail) account for 40% of the total weight, and a large amount of fish meat remains on the skeleton. The effective separation of residual fish meat from the skeleton and the high-value use of fish skeletons are technical problems in the fish fillet processing industry. A pilot size device for separating fish meat from the skeleton was introduced in this study, and the effects of different heating processes on the separation of fish bone and meat were studied. The effects of stirring speed, inflow direction, and inflow velocity on the efficiency for the separation of fish bone and meat were investigated. The results showed that the separation efficiency could be significantly improved under the following conditions: stirring speed of 1000 r/min; inflow direction of the tangential direction; inflow velocity of 30 L/min. The experimental results confirmed that the fish skeletons that were cooked at high temperatures could be separated efficiently into meat, bone, and broth by this device. In addition, the separated fish meat and bone were high-quality, high-value products and could be further processed into high value-added foods.

Key words: tilapia; fish skeleton; separation; equipment

我国捕捞和养殖的鱼类中有许多品种适合加工冷冻鱼片, 如海产鱼中的鳕鱼、星鳎、鲈鱼、鲹鱼、马面鲀, 淡水鱼中罗非鱼、鲢鱼等, 将这类鱼加工成鱼片, 既方便食用, 又有利出口。目前冷冻鱼片的加工已经成为中国鱼类加工的重要支柱^[1]。在加工冷冻鱼片的过程产生的下脚料约占原料鱼总重量的 60%~70%, 其中鱼骨架(指鱼头、鱼脊骨、肋排、鱼尾部分)占到鱼总重量的 30%~45%^[2-3]。鱼骨架中残

收稿日期: 2014-06-30

基金项目: 广东省科技计划项目(2011B020311003); 广东省海洋与渔业科技攻关与研发项目(A201306C03)

作者简介: 吴建中(1964-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 水产品、农副产品增值加工

留有大量鱼肉, 含有丰富的营养成分, 如蛋白质、磷脂质、软骨素、维生素、矿物质等^[4], 作为食品原料能够为广大消费者接受。如能将鱼骨架高效分离为鱼肉、鱼骨、鱼汤, 再分别加工成其他食品, 将能极大的提高产品的附加值, 而且可减少环境污染, 将会获得良好的经济效益与社会效益。

以罗非鱼为例, 2010年, 全球罗非鱼总产量达到 320 万 t, 且每年以 9.8% 的速率在增长^[5]。中国养殖罗非鱼的总量居全世界之冠, 其中广东省的罗非鱼产量约占全国的 40%, 出口量及出口额占全国出口量及出口额的 60~70%, 已成为广东省的水产支柱产业^[6]。目前大部分出口罗非鱼都是以冻鱼片的形式销售, 冷冻罗非鱼片的加工会产生约占鱼体重 40% 的鱼骨架^[7-8]。

去除内脏和鱼鳃后的罗非鱼骨架上仍然残留有大量优质鱼肉, 如果能够将鱼肉和鱼骨有效分离, 进行针对性的加工, 将能够物尽其用, 促进鱼骨架的高值化利用。

未经加热的鱼骨架上的鱼肉和鱼骨结合紧密, 很难实现鱼骨与鱼肉的高效分离; 经过高温处理的鱼骨架上鱼肉和鱼骨结合变松散, 但由于鱼肉呈丝状, 很容易缠绕在大小不一的鱼骨上, 即使采用过滤等手段, 分离效果仍不理想。浮选是一种同时依靠物理、化学作用来实现颗粒分选及固液分离的分离技术, 具有分选效率高的特点, 被广泛地用于各种矿物的分离、废料的综合利用、水的净化、生物工程中的细菌分离等^[9]。考虑到鱼肉的质地松散, 比重轻, 呈现絮状的特点, 而鱼骨的质地紧密、比重大, 二者在液流中的运动呈现明显差异, 本文将浮选原理应用到鱼骨架的分离中, 设计并试制了一套分离鱼骨架的设备, 研究了该设备分离鱼骨架残留鱼肉的分离规律和效果, 为该设备的中试打下了基础, 研究结果可供鱼片加工企业与其他肉类加工企业参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

罗非鱼由佛山高明举世农业开发有限公司提供, 品种为新吉富罗非鱼, 鱼重500 g±50 g。

1.2 仪器与设备

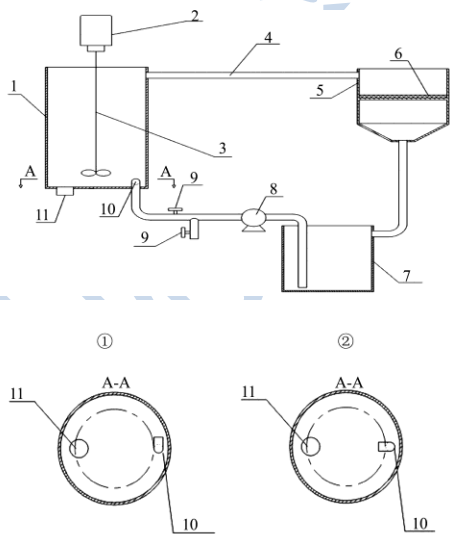


图1 鱼骨架高效分离设备原理图

Fig.1 Schematic diagram of the high efficiency fish-skeleton separation device (in the radial direction)

注: 分离釜: 直径20 cm, 高度50 cm; 2、电机; 3、搅拌

浆; 4、管道; 5、鱼肉鱼汤分离筒; 6、60目滤网; 7、分离容器; 8、泵; 9、阀门; 10、进口口; 11、鱼骨出口口; 图中①为切线方向进流; ②为圆心方向进流。

将鱼骨架待分离料液倒入分离容器1中, 启动电机2和搅拌桨3, 开始分离鱼骨鱼肉。加水至容器7中, 通过管道, 水被泵入分离釜1。在水的浮力作用下, 分散的鱼肉悬浮液通过管道4, 传送到分离桶5, 鱼肉被筛网6拦截, 而鱼汤则流入容器7; 鱼骨则在重力的作用下沉在分离釜1的底部。整个分离循环将持续数分钟最终将得到干净的鱼骨, 鱼肉, 鱼汤, 达到分离。

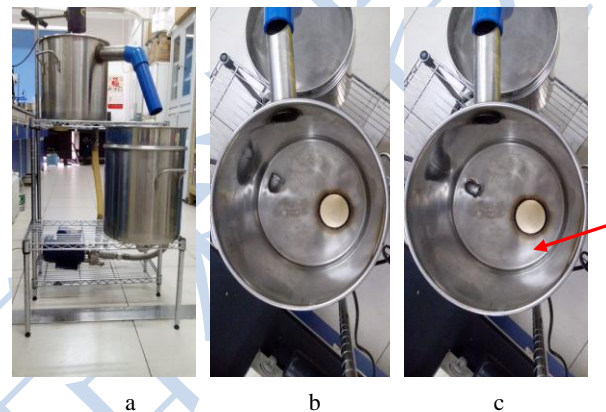


图2 鱼骨架高效分离设备实物照片

Fig.2 Product photo of high efficiency fish-skeleton separation equipment

注: a为鱼骨架高效分离设备的外观照片, b为切线方向进流展示, c为圆心方向进流展示。

高压锅(YL269H2), 武汉苏泊尔炊具有限公司; 三足式离心机(SSC450), 张家港市凯迪机械有限公司; 精密增力电动搅拌器(JJ-1), 金坛市宏华仪器; 鱼骨架高效分离设备, 自制。

鱼骨架高效分离设备原理图、实物照片及分离工艺流程图分别见图1、图2、图3。

1.3 实验方法

1.3.1 工艺流程

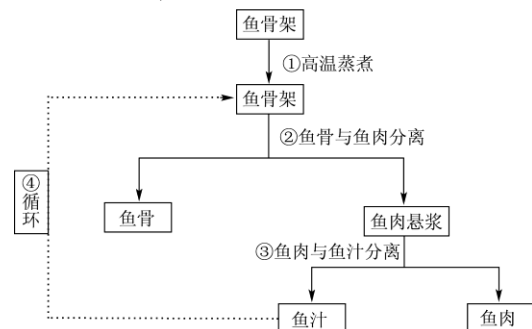


图3 鱼骨架分离的工艺流程图

Fig.3 Process flow diagram for the separation of fish skeleton

1.3.2 原料的预处理方法

选取新鲜罗非鱼，去皮，片去鱼体两侧鱼肉，剩下鱼骨架（包括鱼头、鱼脊骨、肋排、鱼尾），除去鱼骨架上的鱼鳃、内脏和黑膜，洗净鱼骨架上的血渍，沥干，备用。

1.3.3 鱼骨架的加热方法

100 °C的加热直接采用不锈钢容器加热，114 °C的加热采用高压锅加热，至高压锅气阀抬起，开始放气时，工作压力0.08 MPa，温度114 °C。时间计算方法：100 °C加热以液体开始沸腾时计算，高压锅加热以气阀抬起，开始放气时计算。

1.3.4 流量控制方法

在分离釜内作好体积标记，调节阀门9的大小，流速通过计算单位时间内进入分离釜的液体体积得出。

1.3.5 数据处理

采用 AutoCAD2008 作图，Origin7.5 进行数据处理。

2 结果与讨论

2.1 加热处理方法对鱼骨架的影响

取鱼骨架1.5 kg，加入等质量的水，分别采用不同的加热方法处理，得到煮烂的鱼骨架。采用电动搅拌器对鱼骨架待分离料液进行搅拌，观察鱼骨架上鱼肉与鱼骨的分离情况，结果见表1。

表1 不同热处理方法对鱼骨鱼肉分散效果的影响

Table 1 Effects of different heating processes on the separation of fish bone and meat

组别	加热温度	加热时间	鱼骨架分散状态
1	100 °C	40 min	部分鱼肉与鱼骨难以分离
2	114 °C	20 min	部分鱼肉与鱼骨难以分离
3	114 °C	30 min	鱼肉与鱼骨都能够分离
4	114 °C	40 min	鱼肉与鱼骨都能够分离

由表1可知，4种热处理方法对鱼骨鱼肉的分散效果有显著差异。其中100 °C加热40 min和114 °C加热20 min时，鱼骨架上仍然有部分鱼肉和鱼骨结合紧密，分散效果不好；114 °C加热30 min和114 °C加热40 min时，能够使鱼肉和鱼骨完全分离。为节约能源，最终确定鱼骨架的加热处理方法为：114 °C，30 min。

2.2 搅拌速度对鱼骨架分离的影响

取鱼骨架1.5 kg，加入等质量的水，经高压锅蒸煮30 min后，得到鱼骨架待分离料液。将料液倒入分

离容器1中，调整进料弯头的角度，使其以切线方向进流、调节开关9至进流速度为30 L/min，分别调节搅拌速度为0 r/min、500 r/min、1000 r/min、1500 r/min，启动电泵加水至分离容器7中，通过管道水被泵入分离釜1中。适时收集滤网上的鱼肉，离心机脱水5 min，称量鱼肉重。作出鱼肉重量与分离时间的关系曲线，结果见图4；开动水泵300 s后，鱼肉大部分流到滤网，鱼骨鱼肉分离结束。人工分离出最终所得鱼肉中的鱼骨，称量鱼骨重量，结果见表2。

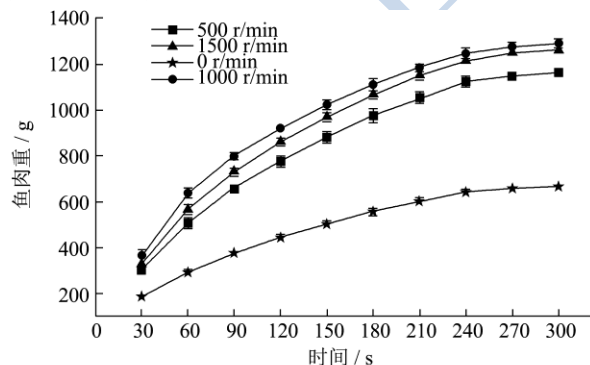


图4 搅拌速度对鱼骨架分离效率的影响

Fig.4 Effects of stirring speed on the separation efficiency

由图4可知，搅拌与否对鱼骨鱼肉的分离效率有极大影响。当搅拌桨不工作时，相同时间的出肉量皆低于其他搅拌的三组，说明仅依靠液流的冲击力不足以使鱼骨鱼肉分散开。当搅拌速度为1000 r/min时，鱼骨鱼肉的分离速度是最快的，且出肉量也比其他三组大。因搅拌速度过小，鱼肉与鱼骨分散不开，导致分离效率低；搅拌速度过大，液流产生较大的涡旋离心力，使得鱼肉鱼骨都聚集在容器壁的边缘，过多的鱼骨鱼肉聚集也会影响鱼骨架的分离效果，所以当搅拌速度最高时，分离效率反而略微下降，且分离效果不佳，致鱼骨中混有鱼肉，而鱼肉中又掺有鱼骨，影响下一步的加工利用。

表2 不同搅拌速度下所得鱼肉中残留鱼骨

Table 2 Residual fish bone in fish meat under different stirring speeds

搅拌速度/(r/min)	鱼肉中残留的鱼骨重/%
0	0.51±0.13
500	0.84±0.15
1000	1.06±0.20
1500	2.90±0.32

由表2可知，电机搅拌速度对鱼骨鱼肉的分离效果有一定的影响。随着搅拌速度的增大，所得鱼肉中鱼骨的残留量增大，影响分离效果。比较500 r/min与1000 r/min的鱼骨残留量，两者相差不大，综合考虑鱼骨架的分离效率和分离效果，应采用1000 r/min

的搅拌转速才能达到较好的鱼骨鱼肉分离。

2.3 进流方向对鱼骨架分离效率的影响

鱼骨架待分离料液的制备及处理同 2.2, 控制鱼骨架高效分离设备的进流速度为 30 L/min、搅拌速度为 1000 r/min, 改变进流方向, 记录一定时间内的出肉量以及最终所得鱼肉中鱼骨的重量。

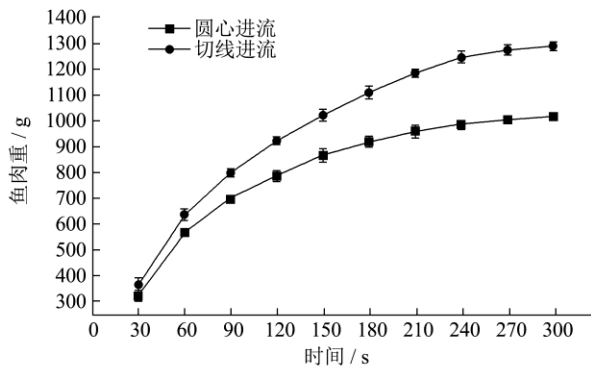


图 5 进流方向对鱼骨架分离效率的影响

Fig.5 Effects of inflow direction on the separation efficiency

由图 5 可知, 进流方向对鱼骨架的分离效率有显著影响。在相同时间内, 沿切线方向进流所得的鱼肉质量比圆心进流所得鱼肉质量多, 反映切线进流对鱼骨鱼肉的分离速度高于圆心进流。此现象可解释为, 由于切线进流使水流产生涡旋离心力, 分离釜中流体缓慢旋转上升, 从而将鱼肉稳定的带出分离釜, 而沿圆心进流则使分离釜中的液流紊乱, 鱼肉上下翻滚, 鱼肉流出速度慢, 而且沿圆心进流会导致分离的鱼肉中大量混入鱼骨, 分离效率低, 分离效果差, 故在其他条件相同的情况下, 采用切线进流工艺可使鱼骨鱼肉分离速度加快。

表 3 不同进流方向下所得鱼肉中残留鱼骨

Table 3 Residual fish bone in fish meat for different inflow directions

directions	
进流方向	鱼肉中残留鱼骨重/%
切线进流	1.06±0.20
圆心进流	2.70±0.36

由表 3 可知, 不同进流方向对鱼骨和鱼肉的分离效果有显著影响。沿切线进流时鱼肉中残留鱼骨较少, 分离效果好; 而沿圆心进流则相反, 所得鱼肉中残留鱼骨较多, 分离效果差。如果液流从正对分离釜圆心的方向泵入, 分离釜中液流紊乱, 导致鱼骨大量混入鱼肉中, 同时仍有大量鱼肉留在分离釜中, 分离效果差; 而采用切线进流的方法泵入液体, 分离釜中流体缓慢旋转上升, 稳定的将鱼肉缓缓带出分离釜, 分离效果令人满意。

2.4 进流速度对鱼骨架分离效率的影响

鱼骨架待分离料液的制备及处理同 2.2, 控制鱼骨架高效分离设备的进流方向为切线进流、搅拌速度为 1000 r/min, 其他设置参数相同, 通过调节进流阀门, 改变进流速度, 记录一定时间内的出肉量及最终所得鱼肉中鱼骨的重量, 研究进流速度对鱼骨鱼肉分离效率的影响。

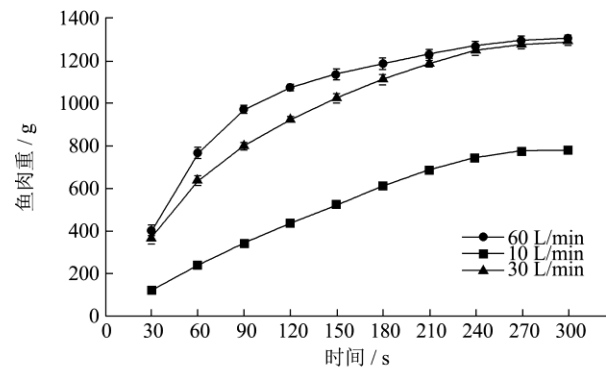


图 6 进流速度对鱼骨架分离效率的影响

Fig.6 Effects of flow velocity on the separation efficiency

由图 6 可知, 进流速度对鱼骨鱼肉的分离效率有显著影响。随着进流速度的增加, 鱼骨鱼肉的分离效率也随之增加。在切线进流的条件下, 10 L/min 的液流速度所产生的涡旋离心力不足, 鱼骨鱼肉分离困难, 故分离效率低; 当进流速度增至 30 L/min 时, 与低进流速度相比, 其分离效率大大增加; 当进流速度达到最大 60 L/min 时, 所得鱼肉重量先迅速增加, 后趋于平缓, 这是由于鱼骨架在液流产生的较强涡旋离心力作用下, 鱼肉从鱼骨架上分离的速度也加快, 当达到完全分离时, 所得鱼肉重量自然就趋于定值。

表 4 不同进流速度下所得鱼肉中残留鱼骨

Table 4 Residual fish bone in fish meat for different flow velocities

velocities	
进流速度/(L/min)	鱼肉中残留鱼骨重/%
10	0.75±0.11
30	1.06±0.20
60	4.23±0.29

由表 4 可知, 不同进流速度对鱼骨和鱼肉的分离效果也有显著影响。10 L/min 与 30 L/min 的进流速度相比, 所得鱼肉中鱼骨的残留量相差较小, 而 60 L/min 的流速产生的较大悬浮力则使大量的鱼骨混入到分离出的鱼肉中, 造成鱼骨鱼肉分离效果不佳。比较 10 L/min, 30 L/min 和 60 L/min 进流速度下鱼骨鱼肉的分离速度及分离效果, 可知在 30 L/min 的情况下适当延长分离时间也能达到与 60 L/min 进流速度相同的效

果,故从效率和节约能源方面考虑,进流速度以 30 L/min 为宜。

3 结论

本文介绍了一种利用浮选法分离鱼骨鱼肉的中试设备,并利用该设备初步研究了搅拌速度、进流方向及进流速度这三个因素对该设备分离效率的影响,确定了最佳分离参数,在确保鱼骨鱼肉分离效率及分离效果的同时,使得设备在相同时间,相同进料量下,每分钟的出肉量达到最高,提高分离速度,为下一步设备的放大实验打下坚实的基础,最终实现在鱼片加工企业应用示范。实验结果表明,鱼骨架经过高压锅蒸煮 30 min 后可得到分散效果较好的待分离料液;在搅拌浆工作并且搅拌速度为 1000 r/min,进流方向为切线进流,进流速度为 30 L/min 时,该设备能达到最高的分离效率和最好的分离效果。采用本项目技术设计的鱼骨鱼肉分离设备具有结构简单,分离效果突出特点,得到的鱼肉、鱼骨产品的质量高、利用价值高,在食品工业中应用广泛。而且本项目技术还可以应用到其他畜禽产品的加工,值得深入研究和推广应用。

参考文献

- [1] 胡智政.我国水产品加工业的现状与发展方向[J].江西水产科技,2003,1:13-15
HU Zhi-zheng. Present situation and development trend of aquatic product processing industry in China [J]. Jiangxi Fisheries Science and technology, 2003, 1: 13-15
- [2] Kołodziejaska I, Skierka E, Sadowska M, et al. Effect of extracting time and temperature on yield of gelatin from different fish offal [J]. Food Chemistry, 2008, 107: 700-706
- [3] Gehring C K, Gigliotti J C, Moritz J S, et al. Functional and nutritional characteristics of proteins and lipids recovered by isoelectric processing of fish by-products and low-value fish: A review [J]. Food Chemistry, 2011, 124(2): 422-431
- [4] 李来好,邓建朝,杨贤庆,等.低碳经济引领水产品加工业发展新方向[J].水产学报,2011,35(4):636-639
LI Lai-hao, DENG Jian-zhao, YANG Xian-qing, et al. Low carbon economy leading the new development direction of aquatic product processing industry [J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(4): 636-639
- [5] Fitzsimmons K, Garcia R M, Alanis PG. Why Tilapia is becoming the most important food fish in the planet [C]. Proceedings of the 9th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Shanghai: AquaFish Collaborative Research Support Program, (2011): 9-18
- [6] 朱华平,卢迈新,黄樟翰,等.我国罗非鱼加工的现状、产业化发展的优势和提高出口竞争力的措施[J].水产科技, 2009, 5:11-14
ZHU Hua-ping, LU Mai-xin, HUANG Zhang-han, et al. China's tilapia processing present situation, superiority of industrial development and the measures of improving the export competitiveness [J]. Fisheries Science & Technology, 2009, 5: 11-14
- [7] 朱莉霞,宁喜斌.盐度和加曲量对罗非鱼片加工废弃物速酿鱼露的影响[J].食品与生物技术学报,2005,24(5):47-54
ZHU Li-xia, NING Xi-bing. Effect of Salinity and the Percentages of Kojion Fish Sauce Fermentation with Wastes after Sliced Tilapia Production [J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2005, 24(5): 47-54
- [8] 吴燕燕,李来好,岑剑伟,等.酶法由罗非鱼加工废弃物制取调味料的研究[J].南方水产,2006,2(1):49-53
WU Yan-yan, LI Lai-hao, CEN Jian-wei, et al. Study on preparation of condiment with offal of tilapia by enzymolysis [J]. South China Fisheries Science, 2006, 2(1): 49-53
- [9] 褚良银.离心浮选及其研究进展[J].过滤与分离,1994,4:3-7
CHU Liang-yin. Centrifugal flotation and its research progress [J]. Journal of Filtration & Separation, 1994, 4: 3-7