

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2011.04.013

· 综述 ·

## 罗非鱼综合加工利用与质量安全控制技术研究进展

陈胜军, 李来好, 杨贤庆, 吴燕燕, 郝淑贤, 岑剑伟, 戚勃, 邓建朝  
(中国水产科学研究院南海水产研究所, 国家水产品加工技术研发中心, 广东广州 510300)

**摘要:** 经过多年发展, 目前中国罗非鱼产业正处于从规模产量型向质量效益型转变的关键时期, 对罗非鱼原料进行高值化综合加工利用, 同时确保产品的质量安全, 是提高中国罗非鱼产业竞争力的必由之路。要实现这一目标必须依靠技术创新来实现产业升级, 以保障中国罗非鱼产业可持续稳定发展。文章综述了近年来国内外在罗非鱼综合加工利用与质量安全控制方面的研究进展及发展趋势, 旨在为中国罗非鱼产业的健康发展提供参考与借鉴。

**关键词:** 罗非鱼; 加工利用; 质量安全

中图分类号: TS 254.5

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780(2011)04-0085-06

## Research progress on comprehensive processing & utilization and quality & safety control for tilapia

CHEN Shengjun, LI Laihao, YANG Xianqing, WU Yanyan, HAO Shuxian,  
CEN Jianwei, QI Bo, Deng Jianchao

(National R & D Center for Aquatic Product Processing, South China Sea Fisheries Research Institute,  
Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

**Abstract:** After years of development, there comes the critical period when China's tilapia industry is changing from output of scale to emphasis of quality and efficiency. Integrating high-value processing & utilization of tilapia and ensuring the products' quality & safety are necessary to improve the competitiveness of tilapia industry in China. To realize that, technological innovation is needed to achieve industrial upgrading and ensure sustainable and stable development of the tilapia industry. This paper reviews the research progress and developmental trend of the processing & utilization and quality & safety control in the tilapia industry home and abroad in recent years, so as to provide references for the healthy development of China's tilapia industry.

**Key words:** tilapia; processing and utilization; quality and safety

中国罗非鱼养殖业发展迅速, 产量从2000年的 $62.9 \times 10^4$ t增加到2009年的 $125.8 \times 10^4$ t, 年均增长率为11.1%, 稳居世界首位, 是中国最具国际竞争实力的品种, 也是最具产业化发展条件的品种<sup>[1]</sup>。目前, 广东、广西、海南、

福建、云南等地罗非鱼养殖业发展势头迅猛, 并带动了种苗、饲料、加工、贸易等相关产业的发展。除了鲜食外, 中国罗非鱼的加工业近年来也发展较快, 罗非鱼产品出口增长迅速, 2007年~2009年中国罗非鱼出口量占总产量的

收稿日期: 2011-01-17; 修回日期: 2011-02-25

资助项目: 公益性行业(农业)科研专项(3-49); 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-49); 国家农业科技成果转化资金项目(2009GB2E200303, 2010GB23260577); 广东省农业攻关项目(2009B020201003); 广东省海洋渔业科技推广专项(A200901C01, A201001C05)

作者简介: 陈胜军(1973-), 男, 副研究员, 博士研究生, 从事水产品加工与质量安全研究。E-mail: chensjun@hotmail.com

通讯作者: 李来好, E-mail: laihali@163.com

比例(折算成活鱼重)分别为51.0%、54.6%和52.9%<sup>[2]</sup>。但罗非鱼产品主要是冻鱼片和冻全鱼,这些产品的加工水平较低,品种单一,附加值不高;而且罗非鱼在加工过程中产生50%~60%的下脚料没有得到充分利用,其中鱼鳞、鱼皮占5%~6%,鱼排占10%~13%,鱼头占16%~18%,鱼下巴占12%~14%,内脏占7%~9%。因此,有必要提高罗非鱼的精深加工水平和综合利用能力,开发品种多样的罗非鱼系列产品,开拓国内外罗非鱼消费市场,提高罗非鱼产业的经济效益。

## 1 综合加工利用技术

### 1.1 鱼片加工技术

罗非鱼加工产品主要为冻罗非鱼片,冻罗非鱼片贮藏期长,食用方便,非常适合欧美市场的需求,利润也比条冻罗非鱼高。2005年起中国冻罗非鱼片的出口量超过了条冻罗非鱼,标志着中国罗非鱼出口产品结构和价位的提升。冻罗非鱼片的加工工艺为原料鱼→暂养→宰杀→放血→剖片→去皮→磨皮→修整→杀菌→冻结→冻罗非鱼片成品<sup>[3]</sup>。

鲜、冷罗非鱼片的价值远高于冻品,而且减少了冷藏保管费和速冻加工费,具有显著的经济效益,因此,近年来在保证鲜、冷罗非鱼片品质方面也有较多研究。李来好等<sup>[4]</sup>通过研究罗非鱼片贮藏过程中气味、肌肉弹性、色差、菌落总数及嗜冷菌、pH、总挥发性盐基氮(TVB-N)、液汁流失率等指标的变化情况,分析比较冰温气调技术与其他保鲜方法对罗非鱼片质量影响的差异。结果表明,冰温与气调包装在贮藏过程中起到了协同保鲜的作用,比单独采用冰温或气调保鲜方法分别延长了3 d和6 d的货架期,比传统空气冷藏保鲜方法延长了约4倍时间的货架期。李杉等<sup>[5]</sup>研究了在冰温条件下,不同充气比率的气调包装对贮藏期和品质的影响,气体组成均为70%二氧化碳(CO<sub>2</sub>)和30%氮气(N<sub>2</sub>),充气体积(*V*)与鱼片质量(*m*)比率3:1~4:1能明显抑制微生物的生长繁殖,保持鱼片的新鲜度,且对样品的感官色泽影响程度最小,并有效延长了鲜罗非鱼片的货架期。

近年来,在采用高压处理鱼肉方面进行了较多的研究<sup>[6-9]</sup>。KO等<sup>[10-11]</sup>开展了采用50~300 MPa的高压对罗非鱼片进行处理的试验,结果表明,50 MPa对罗非鱼处理1 h,其凝胶强度提高至新鲜鱼片的1.2倍,但在250 MPa下处理1 h,其凝胶强度却较新鲜鱼片降低25%。高压处理后,其水溶性蛋白几乎不受高压处理的影响;但在250 MPa处理1 h后,其盐溶性蛋白却降低60%。在高于200 MPa高压处理后,肌动球蛋白提取率低于10%。研究表明,低压(100 MPa以下)是一种有前景的保持罗非鱼片质量的贮藏方法,但是鲜度指标K值和微生物表明产品已不可食用。因此,高压处理可应用于对罗非鱼片进行预处理,以提高鱼片凝胶强度等加工特性指标。

陈胜军等<sup>[12]</sup>采用正交试验与感官评定相结合的试验方法,研究开发了烟熏液浸渍与喷雾相结合的烟熏罗非鱼片工艺技术,其产品色泽金黄,有浓郁的烟熏味,且多环芳烃类(PAHs)含量远低于国家标准。YASEMEN等<sup>[13]</sup>就盐水质量分数对热熏罗非鱼的货架期的影响进行了研究,以5%、10%和15%的盐水在5℃下盐渍二去罗非鱼(去头、去内脏)1 h,然后采用传统木屑产烟熏制75 min,冷却后贮藏于4℃。结果表明,反映熏鱼脂肪氧化情况的过氧化值(PV)和硫代巴比妥酸(TBA)随着贮藏时间的延长和盐浓度的增加而增加;热熏罗非鱼能在冷冻条件下安全贮藏35 d,5%盐水是最适盐水腌渍水平。烟熏罗非鱼产品的研究开发了罗非鱼加工产品新品种,提高了罗非鱼产品的附加值,而且烟熏产品风味适合欧美消费者的习惯,有望成为一种高附加值的罗非鱼加工产品。

### 1.2 鱼糜加工技术

鱼糜是水产精深加工制品,包括鱼丸、鱼糕、鱼香肠和鱼卷等。由于其调理方便,又符合现代人群消费习惯,而且易于实现工业化生产,是一种很有发展前途的水产制品。罗非鱼鱼糜性质的基础研究表明,其凝胶的范围比其他淡水鱼和狭鳕(*Theragra chalcogramm*)要宽,具有较好的凝胶化能力和耐劣化特性,这与狭鳕和鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)、团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)等其他淡水鱼的凝胶形成特性不同,罗非鱼肉具有较好的鱼糜加工特性,是较好的鱼糜加工原料<sup>[14]</sup>。张崑等<sup>[15]</sup>对罗非鱼与工厂常用的4种海水鱼[黄姑鱼(*Nibea albiflora*)、带鱼(*Trichiurus haumela*)、沙丁鱼(*Sardina melamosticta*)和大头狗母鱼(*Trachinocephalus myops*)]鱼糜比较,罗非鱼鱼糜的凝胶强度、白度及持水性显著高于4种海水鱼鱼糜。邓后勤等<sup>[16]</sup>以罗非鱼片加工中产生的鱼碎肉为原料进行了鱼碎肉鱼糕的生产技术研究,通过正交设计和感官评定,确定了最佳生产工艺和配方,生产的鱼糕样品形状完整,富有弹性,色泽浅白,质地均匀,具有鱼糕特有的滋味和气味。针对罗非鱼鱼糜在冻藏过程中品质下降的现象,有研究表明在罗非鱼鱼糜中添加海藻糖可以起到提到抗冻性的作用。秦小明等<sup>[17]</sup>研究了海藻糖在罗非鱼鱼糜的冷冻加工及冻藏过程中对蛋白质变性的影响。结果表明,添加5%以上的海藻糖能有效地抑制冷冻罗非鱼鱼糜冻藏过程中的蛋白质变性,减缓凝胶强度的降低,提高鱼糜制品的品质。

在罗非鱼加工中,规格较小的罗非鱼不适合生产鱼片及冻全鱼,而鱼糜加工对鱼的规格没有严格要求;在加工罗非鱼片的过程中,产生的大量鱼碎肉没有得到充分利用。因此,以罗非鱼、小规格罗非鱼及罗非鱼片加工过程中产生的鱼碎肉为原料进行罗非鱼鱼糜的生产,并进一步加工成鱼卷、鱼丸、鱼饼、鱼香肠、鱼糕及鱼面条等鱼糜制品,将大大提高罗非鱼原料的利用率和附加值。

### 1.3 加工下脚料胶原蛋白的提取

胶原蛋白(collagen)是一种高分子蛋白质,丝状的胶原蛋白纤维能使皮肤保持结实而有弹性。这些特性使胶原蛋白在食品、医疗、保健及美容方面具有良好的应用前景<sup>[18]</sup>。因为水产胶原蛋白与陆生胶原蛋白相比具有许多优点,如低抗原性、低过敏性、分子结构较脆弱导致酶解较容易等<sup>[19]</sup>。目前以利用来自陆生哺乳动物皮的胶原蛋白为主,但陆生哺乳动物在信仰伊斯兰教、回教等人群的食品中,来源于牲畜的胶原蛋白的应用受到限制,此外由于疯牛病、口蹄疫等传染性疾病的发生和流行,使人们对来源于牲畜的胶原蛋白的安全性产生了质疑<sup>[19]</sup>。这些因素有力地促进了对鱼皮、鱼鳞等水产品加工下脚料胶原蛋白的研究与开发。随着罗非鱼加工出口业的快速发展,产生了大量含有丰富胶原蛋白的鱼鳞、鱼皮等下脚料,关于罗非鱼胶原蛋白的研究主要集中在以罗非鱼鱼皮、鱼鳞为原料,胶原蛋白的提取工艺条件及胶原蛋白的特性方面。罗非鱼皮、鱼鳞胶原蛋白的提取方法主要有碱法、酸法、酶法和热水法等,特性研究主要包括粘度、凝胶强度和热变性温度等方面。JAMILAH等<sup>[20]</sup>用酸、碱预处理过的莫桑比克罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)皮和尼罗罗非鱼(*O. nilotica*)皮制备热水溶性胶原蛋白,得率分别为5.39%和7.81%(以湿质量计),pH分别为3.91和3.05,粘度分别为7.12 cP和3.20 cP。ZENG等<sup>[21-22]</sup>采用响应曲面法确定了以酸、碱相结合的方法从罗非鱼皮中提取胶原蛋白的最佳条件,其鱼皮胶原粗蛋白质量分数为88.5%,在每1 000个氨基酸片段中含有185个脯氨酸(Pro)和羟脯氨酸(Hyp)片段,凝胶强度为260 g,凝胶点和熔点分别为18℃和22.4℃。并对提取的酸溶性蛋白(acid-solubilised collagen, ASC)进行了分离和特性分析,其得率为39.4%,甘氨酸(Gly)质量分数达到35.6%,在每1 000个氨基酸片段中含有210个Pro和Hyp片段,紫外吸收波长为220 nm。

胶原蛋白中含有丰富的Gly、Pro和Hyp,其水解产物中还含有丰富的生物活性肽。陈胜军等<sup>[23]</sup>研究了单酶和复合酶水解罗非鱼皮胶原蛋白制备抑制血管紧张素转换酶抑制剂的工艺条件。结果表明,采用菠萝蛋白酶和Alcalase 2.4 L蛋白酶的复合水解工艺,所得水解产物的水解度为30.43%,体外对血管紧张素转换酶的抑制率达68.6%。YANG等<sup>[24]</sup>研究表明罗非鱼皮明胶热水解液具有显著的自由基清除能力和抑制脂质氧化能力,因此,罗非鱼皮胶水解液有望成为一种潜在的天然抗氧化原料。研究采用部分因子设计试验确定了罗非鱼皮水解的磷酸浓度、水与罗非鱼皮之比及抽提时间等显著影响其功能特性的参数,罗非鱼皮水解液对1,1-二苯基-2-三硝基苯肼( $\alpha$ ,  $\alpha$ -diphenyl- $\beta$ -picrylhydrazyl, DPPH)的最大清除率为79.4%,脂质抗氧化能力为77.3%。

### 1.4 鱼骨加工技术

鱼骨中钙(Ca)、镁(Mg)等微量元素丰富,Ca/Mg接近人体理想供给比例,因此,以罗非鱼骨为原料开发人体Ca膳食营养补充剂,添加到饼干、面包、糕点及婴儿断乳食品等食品营养强化剂,市场开发前景良好。据报道,年加工 $30 \times 10^4$  t罗非鱼的加工厂大约可得到 $4.29 \times 10^4$  t鱼骨,可制备 $1 \times 10^4$  t鱼骨活性钙<sup>[25]</sup>。

目前,从动物骨头、贝壳、蛋壳中提取钙制剂常用的方法有煅烧法和有机酸提取法。吴燕燕等<sup>[26]</sup>以罗非鱼加工下脚料鱼骨为原料,采用柠檬酸(citric acid)和苹果酸(malic acid)混合酸对罗非鱼骨粉进行CMC(citric acid, malic acid, calcium)钙的制备工艺研究,并以Wistar大白鼠为模型,评价该产品的生物利用率。结果表明,以柠檬酸和苹果酸按3:2的浓度比混合,在121℃的高温下提取罗非鱼骨粉1 h,取上清液调pH中性,然后进行浓缩烘干,Ca提取率为92.1%,产品在热水中溶解度达88%。经动物试验证明,CMC活性钙在血钙、骨钙和存留率方面均有不同程度的增加,而且其在大鼠体内的吸收率高于碳酸钙( $\text{CaCO}_3$ ),更易被机体吸收利用。易美华等<sup>[25]</sup>以罗非鱼骨为原料,研究了煅烧条件及罗非鱼骨制备活性钙的工艺优化。结果表明,罗非鱼骨煅烧最佳条件是950℃,煅烧120 min;在罗非鱼骨制备液体钙的工艺优化中,乳酸(lactic acid)提取Ca效果最好,其最优条件为固液比1:20,温度80℃,16%乳酸,反应2 h,Ca提取率为81%。

### 1.5 鱼油加工技术

吴燕燕等<sup>[27]</sup>以罗非鱼的鱼内脏为研究对象,采用钾盐蒸煮法从罗非鱼内脏中提取鱼油的工艺条件和纯化不饱和脂肪酸(PUFA)的方法,对精制鱼油的氧化性及人工合成抗氧化剂(TBHQ)、维生素E( $V_E$ )和茶多酚(tea-polyphenol)3种抗氧化剂对鱼油的抗氧化性能进行了研究。通过正交试验及对比试验,结果表明,从罗非鱼内脏中制取鱼油的最佳工艺条件为水解温度70~80℃,水解时间40 min,硝酸钾( $\text{KNO}_3$ )用量 $6 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,盐析时间10 min;采用低温-钾盐乙醇法纯化鱼油PUFA的效果比尿素包埋法好;TBHQ、 $V_E$ 和茶多酚3种抗氧化剂对鱼油抗氧化作用以茶多酚效果最好。

吉宏武等<sup>[28]</sup>以罗非鱼下脚料(鱼头、鱼骨和内脏等)为原料,对鱼油的提取与精炼工艺参数、理化特性及脂肪酸组成进行了研究。提取得到的罗非鱼油为清亮、淡黄色液体,各项理化指标符合鱼油标准。脂肪酸分析表明,罗非鱼油含有 $C_{12} \sim C_{22}$ 脂肪酸29种,其中饱和脂肪酸10种,单不饱和脂肪酸7种,多不饱和脂肪酸12种,饱和脂肪酸和饱和脂肪酸分别占脂肪酸总量57.58%和42.42%。

### 1.6 调味料加工技术

酶解型天然调味料是深受国际市场欢迎的新型天然调味料,罗非鱼加工下脚料含有大量蛋白质,采用现代生物

技术对罗非鱼加工下脚料进行酶解,制备营养型高档调味料,可为罗非鱼加工下脚料的高值化利用开辟一条新途径。

目前,对于以罗非鱼下脚料为原料生产调味料的研究主要是采取酶水解与美拉德反应相结合的工艺,产品主要成分为氨基酸、呈味核苷酸及多肽等,具有天然海鲜香气和滋味,因而有较好的市场发展前景。吴燕燕等<sup>[29]</sup>以罗非鱼加工下脚料(鱼头、鱼排和内脏)为原料,经保温酶解、过滤浓缩、调配均浆等工序研制开发营养丰富的调味料。通过正交试验,确定了以菠萝酶和风味酶(flavourzyme)混合水解,确定了酶解的最适条件,水解度达到80%。将酶解液30%与淀粉6.5%、黄原胶0.2%、老抽酱油8%等辅料相调配,制成风味独特、高附加值的新营养调味料。涂小珂等<sup>[30]</sup>以罗非鱼下脚料为原料,对其进行双酶分步酶解来制备美拉德(Maillard)反应基液。以氨基酸态氮含量和可溶性蛋白含量的变化为指标对酶解过程进行分析,结合酶解液的感官评定,认为Flavourzyme和Protame、Flavourzyme和Alcalase 2.4 L 2个组合的复合酶解效果较好。

## 2 加工质量安全控制技术

### 2.1 杀菌方法

刁石强等<sup>[31]</sup>采用高质量浓度臭氧(O<sub>3</sub>)冰对鲜罗非鱼片进行保鲜效果进行了研究,结果表明,使用O<sub>3</sub>质量浓度为5 mg·kg<sup>-1</sup>的臭氧冰时,降低了TVB-N的产生,细菌菌落总数减少82%~97%,可延长产品的货架保鲜期3~4 d。臭氧冰杀菌力强,保鲜效果好,使用方便、快捷、环保,解决了O<sub>3</sub>不能保存和运输等技术问题,该研究解决了长期以来依赖臭氧设备随产随用的被动局面,扩大了O<sub>3</sub>的应用范围,为水产品保藏提供了一种新的保鲜方法。

杨贤庆等<sup>[32]</sup>对过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)杀菌在冻罗非鱼片加工过程中的应用进行了研究。结果表明,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>对鱼片的适宜作用条件为有效ρ(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)高于1.27 kg·m<sup>-3</sup>,作用时间约为6 min,浸泡液与样品的比例以2:1或浸没样品,在低温条件下进行操作。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液处理后的样品进行水洗处理,以去除残留在鱼肉表面的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,同时可以阻止残留H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>对鱼肉有机质成分的进一步氧化。

### 2.2 品质改良方法

蒙健宗等<sup>[33]</sup>以冷冻鱼片盐溶性蛋白含量、肌原纤维蛋白Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性以及液滴损失为指标,探讨了在冷冻罗非鱼片冷藏过程中添加海藻糖对蛋白质变性作用的影响。经过海藻糖浸渍处理后,盐溶性蛋白含量和肌原纤维蛋白Ca<sup>2+</sup>-ATP酶活性保持分别比空白组高25.2%和23.0%;自由液滴损失和加热液滴损失分别为空白对照组的35%和75%。结果表明,添加海藻糖能有效地防止蛋白质变性,提高冷冻罗非鱼片的品质。

冯慧等<sup>[34]</sup>研究了多聚磷酸盐在冷冻罗非鱼肉中的降解

及对鱼肉品质的影响,结果表明,三聚磷酸盐(STPP)在冷冻鱼肉中随着时间的延长会被不断降解;焦磷酸盐(TSPP)则随着冻藏时间的延长逐渐被降解为单磷酸盐。多聚磷酸盐的降解最终影响了冷冻鱼肉的品质参数,提高了鱼肉的持水力。随冻藏时间的延长和多聚磷酸盐的水解,蛋白质结合水的能力下降,内部的水分又逐渐形成冰晶,导致蛋白质逐步变性,Ca<sup>2+</sup>-ATPase活性丧失。添加多聚磷酸盐可以增强蛋白质的抗冻性,因而延缓了活性巯基的氧化或二硫键的形成;但是多聚磷酸盐一旦发生水解,蛋白质的变性程度升高,将导致活性巯基的含量下降。

### 2.3 与质量安全相关的技术规范与标准

与罗非鱼质量安全相关的养殖、加工相关技术规范与标准主要包括:SC 1027-1998 尼罗罗非鱼、SC/T 1025-1998 尼罗罗非鱼配合饲料营养标准、SC 1042-2000 奥利亚罗非鱼、NY/T 5054-2002 无公害食品 尼罗罗非鱼养殖技术规范、SC/T 1025-2004 罗非鱼配合饲料、GB/T 19528-2004 奥尼罗非鱼亲本保存技术规范、SC/T 3116-2006 冻淡水鱼片、SC/T 3037-2006 冻罗非鱼片加工技术规范、GB/T 21290-2007 冻罗非鱼片、DB44/T 479-2008 鱼片中一氧化碳测定方法(广东省地方标准)和DB44/T 737-2010 罗非鱼产品可追溯规范(广东省地方标准)。

这些标准的发布实施,为中国罗非鱼产业提供了统一的规范与标准,有利于引导罗非鱼行业的各生产链按标准进行规范生产,确保罗非鱼产品的质量安全,进而提高中国罗非鱼产品在国际市场上的竞争力。

## 3 发展趋势

目前,中国的罗非鱼出口产品仍以冻罗非鱼片和冻全鱼为主,国内以鲜活或冰鲜销售为主。随着技术的发展,高品质的鲜、冷罗非鱼片将可以出口日本、韩国等乃至欧美市场,而国内消费者也将会逐渐接受罗非鱼片、冻全鱼等食用方便的罗非鱼产品。罗非鱼的深加工应以市场为导向,不断开发出适合人们需要的产品,使罗非鱼产品在色泽、口味、风味方面更加丰富,同时对罗非鱼加工下脚料进行深加工,以提高罗非鱼的附加值。

罗非鱼加工企业应大力开展精、深加工生产和产后保鲜新技术的运用,积极引进和开发先进的加工、包装、保鲜技术和设备,使罗非鱼肉制品、加工下脚料制品能实现工业化生产;同时运用先进的保鲜、防腐、运输、加工和包装技术,改变目前原始产品多、初级加工产品多的现状,提高产品附加值和质量档次。罗非鱼加工企业应按先进标准或规范进行生产,淘汰落后的生产技术及工艺,完善产品质量检测手段,建立符合国际标准的生产管理体系。同时政府部门应加大扶持力度,组织科研院所及高校在罗非鱼深加工方面开展研究,为罗非鱼深加工提供技术支撑,并有效地将科研成果运用到生产实践中去。

## 参考文献:

- [1] 农业部渔业局. 2000-2010 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000-2010.  
Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. China fisheries yearbook (2000-2010) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000-2010. (in Chinese)
- [2] 中国水产学会. 2008-2010 中国水产品进出口贸易统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008-2010.  
China Society of Fisheries. 2008-2010 Fishery product statistical yearbook of China import and export trade[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008-2010. (in Chinese)
- [3] 刁石强, 李来好, 杨贤庆, 等. 冻罗非鱼片加工技术工艺研究[J]. 制冷, 2005, 24(3): 6-10.  
DIAO Shiqiang, LI Laihao, YANG Xianqing, et al. Study on processing technology craft and quality standards of the frozen tilapia fillets[J]. Refrigeration, 2005, 24(3): 6-10. (in Chinese)
- [4] 李来好, 彭城宇, 岑剑伟, 等. 冰温气调贮藏对罗非鱼片品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 439-443.  
LI Laihao, PENG Chengyu, CEN Jianwei, et al. Effect of ice-temperature controlled atmosphere storage on quality of tilapia fillets [J]. Food Sci, 2009, 30(24): 439-443. (in Chinese)
- [5] 李杉, 岑剑伟, 李来好, 等. 充气比率对罗非鱼片冰温气调贮藏期间品质的影响[J]. 南方水产, 2010, 6(1): 42-48.  
LI Shan, CEN Jianwei, LI Laihao, et al. Effects of inflation rate on the quality of tilapia fillet with modified atmosphere packaging during controlled freezing point storage[J]. South China Fish Sci, 2010, 6(1): 42-48. (in Chinese)
- [6] LAKSHMANAN R, PIGGOTT J R, PATERSON A. Potential applications of high pressure for improvement in salmon quality [J]. Trends Food Sci Technol, 2003, 14(9): 354-363.
- [7] YAGIZ Y, KRISTINSSON H G, BALABAN M O, et al. Effect of high pressure treatment on the quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and mahi mahi (*Coryphaena hippurus*) [J]. J Food Sci, 2007, 72(9): 509-515.
- [8] RAMIREZ-SUAREZ J C, MORRISSEY M T. Effect of high pressure processing (HPP) on shelf life of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) minced muscle [J]. Innovat Food Sci Emerg Technol, 2006, 7(1/2): 19-27.
- [9] INGADOTTIR B, KRISTINSSON H G. Gelation of protein isolates extracted from tilapia light muscle by pH shift processing [J]. Food Chem, 2010, 118(3): 789-798.
- [10] KO W C, HSU K C. Effect of high-pressure storage on the processing quality of tilapia meat [J]. J Food Eng, 2006, 77(4): 1007-1011.
- [11] KO W C, HSU K C. Changes in K value and microorganisms of tilapia fillet during storage at high-pressure, normal temperature [J]. J Food Prot, 2001, 64(1): 94-98.
- [12] 陈胜军, 李来好, 薛长湖, 等. 液熏罗非鱼片的加工工艺 [J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(5): 64-67.  
CHEN Shengjun, LI Laihao, XUE Changhu, et al. Study on technology of liquid-smoked tilapia (*Oreochromis aureus*) fillets [J]. Food Ferment Ind, 2010, 36(5): 64-67. (in Chinese)
- [13] YANANR Y, CELIK M, AKAMCA E. Effects of brine concentration on shelf-life of hot-smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4 °C [J]. Food Chem, 2006, 97(2): 244-247.
- [14] 汪之和, 施文正. 罗非鱼鱼糜的加工特性 [J]. 科学养鱼, 2003(3): 56.  
WANG Zhihe, SHI Wenzheng. The processing characteristics of tilapia surimi [J]. Sci Fish Farming, 2003(3): 56. (in Chinese)
- [15] 张莹, 曾庆孝, 朱志伟, 等. 罗非鱼与四种海水鱼鱼糜比较 [J]. 现代食品科技, 2009, 25(2): 1222-1226.  
ZHANG Yin, ZENG Qingxiao, ZHU Zhiwei, et al. Comparison of surimi of tilapia and other four marine fish [J]. Mod Food Sci Technol, 2009, 25(2): 1222-1226. (in Chinese)
- [16] 邓后勤, 夏延斌, 危小湘, 等. 罗非鱼鱼碎肉凝胶化产品技术研究 [J]. 食品工业科技, 2005(5): 100-103.  
DENG Houqin, XIA Yanbin, WEI Xiaoxiang, et al. Study on the tilapia fish meat gel products technology [J]. Sci Technol Food Ind, 2005(5): 100-103. (in Chinese)
- [17] 秦小明, 蒙健宗, 宁恩创, 等. 海藻糖在冷冻罗非鱼鱼糜中的抗冻作用研究 [J]. 食品工业科技, 2007, 28(7): 79-81.  
QIN Xiaoming, MENG Jianzong, NING Enchuang, et al. Study on the freezing preservation of trehalose in tilapia surimi [J]. Sci Technol Food Ind, 2007, 28(7): 79-81. (in Chinese)
- [18] 陈胜军, 曾名勇, 董士远. 水产胶原蛋白及其活性肽的研究进展 [J]. 水产科学, 2004, 23(6): 44-46.  
CHEN Shengjun, ZENG Mingyong, DONG Shiyuan. Progress in the study of collagen and active peptide of fisheries [J]. Fish Sci, 2004, 23(6): 44-46. (in Chinese)
- [19] KARIM A A, BHATA R. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins [J]. Food Hydrocol, 2009, 23(3): 563-576.
- [20] JAMILAH B, HARVINDER K G. Properties of gelatins from skins of fish-black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*) [J]. Food Chem, 2002, 77(1): 81-84.
- [21] ZENG Shaokui, YAN Xiaoyan, CAO Wenhong, et al. Optimisation of extraction conditions and characteristics of skin gelatin from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. Int J Food Sci Technol, 2010, 45(9): 1807-1813.
- [22] ZENG Shaokui, ZHANG Chaozhua, LIN Hong, et al. Isolation and characterisation of acid-solubilised collagen from the skin of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. Food Chem, 2009, 116(4): 879-883.
- [23] 陈胜军, 李来好, 曾名勇, 等. 罗非鱼鱼皮胶原蛋白降血压酶解液的制备与活性研究 [J]. 食品科学, 2005, 26(8): 229-233.  
CHEN Shengjun, LI Laihao, ZENG Mingyong, et al. Study on

- preparation and activity of lower the blood pressure enzymatic hydrolysate from *Oreochromis niloticus* skin collagen[J]. Food Sci, 2005, 26(8): 229-233. (in Chinese)
- [24] YANG J L, LIANG W S, CHOW C J, et al. Process for the production of tilapia retorted skin gelatin hydrolysates with optimized antioxidative properties [J]. Process Biochem, 2009, 44(10): 1152-1157.
- [25] 易美华, 杨仕生, 谢福美. 罗非鱼骨制备活性钙的技术研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(12): 85-88.  
YI Meihua, YANG Shisheng, XIE Fumei. Technical study on operation activated Ca from tilapia bone[J]. Food Res Dev, 2008, 29(12): 85-88. (in Chinese)
- [26] 吴燕燕, 李来好, 林洪, 等. 罗非鱼骨制备 CMC 活性钙的工艺及生物利用的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(2): 114-117.  
WU Yanyan, LI Laihao, LIN Hong, et al. Studies on preparation technology of CMC actived calcium and its bioavailability from tilapia bone[J]. Food Sci, 2005, 26(2): 114-117. (in Chinese)
- [27] 吴燕燕, 李来好, 李刘冬, 等. 罗非鱼油的制取工艺及其氧化防止方法[J]. 无锡轻工大学学报, 2003, 22(1): 86-90.  
WU Yanyan, LI Laihao, LI Liudong, et al. Studies on extracting technology and preventing oxidization of fish oil from tilapia viscera [J]. J Wuxi Univ Light Ind, 2003, 22(1): 86-90. (in Chinese)
- [28] 吉宏武, 洪鹏志, 章超桦, 等. 罗非鱼油的制备及其脂肪酸组成分析[J]. 福建水产, 2005(2): 51-57.  
JI Hongwu, HONG Pengzhi, ZHANG Chaohua, et al. Refinement of crude oil from tilapia nilotica and analysis of its fatty acid[J]. J Fujian Fish, 2005(2): 51-57. (in Chinese)
- [29] 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 Yanyan, LI Laihao, CEN Jianwei, et al. Study on preparation of condiment with offal of tilapia by enzymolysis[J]. South China Fish Sci, 2006, 2(1): 49-53. (in Chinese)
- [30] 涂小珂, 朱志伟, 曾庆孝. 罗非鱼肉双酶分步酶解制备 Maillard 反应基液的研究[J]. 食品科技, 2005(7): 43-46.  
TU Xiaoke, ZHU Zhiwei, ZENG Qingxiao. Study on the hydrolysis technology of tilapia by double proteinase two step to prepare the material in Maillard reaction[J]. Food Technol, 2005(7): 43-46. (in Chinese)
- [31] 刁石强, 吴燕燕, 王剑河, 等. 臭氧冰在罗非鱼片保鲜中的应用研究[J]. 食品科学, 2007, 28(8): 501-503.  
DIAO Shiqiang, WU Yanyan, WANG Jianhe, et al. Research on application of ozone ice in tilapia fillet preservation[J]. Food Sci, 2007, 28(8): 501-503. (in Chinese)
- [32] 杨贤庆, 郝淑贤, 石红, 等. 食品级过氧化氢对染菌罗非鱼片杀菌效果研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(1): 90-92.  
YANG Xianqing, HAO Shuxian, SHI Hong, et al. Study on the sterilization of food grade hydrogen peroxide on tilapia fillets[J]. Sci Technol Food Ind, 2007, 28(1): 90-92. (in Chinese)
- [33] 蒙健宗, 秦小明, 赵文报, 等. 海藻糖对冷冻罗非鱼片蛋白质变性作用的影响[J]. 食品工业科技, 2007(2): 214-216.  
MENG Jianzong, QIN Xiaoming, ZHAO Wenbao, et al. Effects on trehalose to the protein denaturation of frozen tilapia fillets[J]. Sci Technol Food Ind, 2007(2): 214-216. (in Chinese)
- [34] 冯慧, 薛长湖, 高瑞昌, 等. 多聚磷酸盐在冷冻罗非鱼肉中的降解及对鱼肉品质的影响[J]. 食品工业科技, 2008, 29(9): 239-242.  
FENG Hui, XUE Changhu, GAO Ruichang, et al. Effect of polyphosphate hydrolysis on properties of frozen tilapia muscle[J]. Sci Technol Food Ind, 2008, 29(9): 239-242. (in Chinese)