

金鲳鱼加工技术与综合利用研究进展

李 川^{1,2}, 段振华^{1,3,*}(1.海南大学食品学院, 海南 海口 570228; 2.海南大学 海口市海洋食品精深加工重点实验室, 海南 海口 570228;
3.贺州学院食品科学与工程技术研究院, 广西 贺州 542899)

摘 要: 金鲳鱼是一种重要的海洋生物资源, 其肉质鲜美、营养丰富, 是鱼片及鱼糜制品深加工的优质原料。随着我国人民生活水平的提高, 以金鲳鱼为代表的海洋养殖鱼类深受青睐。但目前我国的金鲳鱼加工利用水平仍处于起步阶段, 为促进我国金鲳鱼加工利用技术的研究, 本文分别从金鲳鱼肉的营养价值、冷冻加工、鱼糜制品、保鲜技术、超高压加工和副产物(内脏蛋白酶、鱼油和胶原蛋白)综合利用等方面综述了金鲳鱼的加工利用技术研究现状。为实现金鲳鱼精深加工与综合利用、增加产品附加值提供参考, 有效地减少环境污染, 促进金鲳鱼产业的高效、绿色和创新发展。

关键词: 金鲳鱼; 加工技术; 综合利用; 鱼糜; 保鲜

Technological Progress and Comprehensive Utilization of Golden Pompano

LI Chuan^{1,2}, DUAN Zhenhua^{1,3,*}(1.College of Food Science and Technology, Hainan University, Haikou 570228, China;
2.Key Laboratory of Seafood Processing of Haikou, Hainan University, Haikou 570228, China;
3.Institute of Food Science and Engineering, Hezhou University, Hezhou 542899, China)

Abstract: Golden pompano is an important marine food source, and its meat is delicious and nutritious. The fish is a good source of fillets and deeply processed surimi products. With the improvement of people's standards of living, golden pompano has become popular among consumers. Currently, the processing and utilization of golden pompano is still at its infancy in China. In this context, this paper reviews the current status of studies on the nutritional value, frozen processing, preservation and ultra high pressure processing of golden pompano and comprehensive utilization of its byproducts (visceral protease, fish oil and collagen). Through this review, we hope to provide a basis for intensive processing and comprehensive utilization of golden pompano, development of value-added products and effective reduction of environmental pollution, thereby promoting efficient, green and innovative development of golden pompano industry.

Keywords: golden pompano; processing technology; comprehensive utilization; surimi; preservation

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201802011

中图分类号: TS254.9

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2018) 02-0063-05

引文格式:

李川, 段振华. 金鲳鱼加工技术与综合利用研究进展[J]. 肉类研究, 2018, 32(2): 63-67. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201802011. <http://www.rlyj.pub>LI Chuan, DUAN Zhenhua. Technological progress and comprehensive utilization of golden pompano[J]. Meat Research, 2018, 32(2): 63-67. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201802011. <http://www.rlyj.pub>

金鲳鱼(golden pompano), 学名卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*), 属硬骨鱼纲、鲈形目、鲹科、鲳鲹属^[1], 多栖息在太平洋、印度洋及大西洋的暖海中上层区域, 在我国的南海和东海等近海也有分布^[2]。作为我国海南、广东和广西等省重要的海水养殖名贵经济鱼类,

金鲳鱼肉质细嫩、味道鲜美、营养丰富, 深受消费者欢迎。2016年, 我国金鲳鱼产量约为10万t, 产业链逐步完善, 产业价值巨大^[3]。

本文结合国内外金鲳鱼加工与综合利用的研究现状, 综述了金鲳鱼肉的营养特性、冷冻加工、鱼糜制

收稿日期: 2017-11-20

基金项目: 海南省科协青年科技英才创新计划项目(HAST201624); 海口市重点科技计划项目(2017051)

第一作者简介: 李川(1986—), 男, 讲师, 博士, 研究方向为水产品精深加工理论与技术。E-mail: lichuanbest@126.com

*通信作者简介: 段振华(1965—), 男, 教授, 博士, 研究方向为水产品加工技术。E-mail: dzh65@163.com

品、保鲜技术和副产物综合利用的研究进展,并对金鲳鱼精深加工利用的发展方向进行了探讨,旨在为金鲳鱼的加工利用技术研究提供参考。

1 金鲳鱼的营养价值

金鲳鱼是不可多得的健康美食,其营养价值和风味成分逐渐引起研究学者和美食专家的关注。戴梓茹等^[4]研究发现,金鲳鱼(鲜样)中粗蛋白和粗脂肪的含量分别为19.65%和10.38%;金鲳鱼含16种常见氨基酸,其中必需氨基酸占总氨基酸的38%,氨基酸比例较为均衡,与联合国粮农组织/世界卫生组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, FAO/WHO)1973年建议的氨基酸评分模式相符;金鲳鱼含23种脂肪酸,含量为2.36%,其中不饱和脂肪酸(unsaturated fatty acid, UFA)占脂肪酸总量的64%,且单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)含量高于多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA),棕榈酸、油酸、亚油酸、二十二碳六烯酸(docosahexenoic acid, DHA)和二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)分别占脂肪酸总量的27.5%、33.6%、14.2%、4.3%和1.1%。杨欣怡等^[5]利用顶空固相微萃取、气相色谱-质谱等方法鉴定出金鲳鱼肌肉中的88种挥发性化合物,其中以醛类、烃类、醇类、酸类、芳香族物质和酯类化合物为主(分别为33、21、11、5、5、4种)。另外,杨欣怡等^[6]采用味精当量值和呈味强度值来评价金鲳鱼呈味物质的呈味强度,结果表明,主要滋味贡献物质是肌苷酸、甘氨酸、谷氨酸、丙氨酸、 K^+ 和 PO_4^{3-} 等,且肌苷酸、甘氨酸和丙氨酸呈现的协同交互作用是金鲳鱼鲜味的物质基础。张少宁等^[7]对金鲳鱼的肌肉、肝脏和脾脏等组织的脂肪酸组成及含量进行全面研究,结果表明,金鲳鱼含有23种主要脂肪酸,且不同组织器官内的总脂质含量约为10%~50%,肝脏组织中的总脂质含量最高,白色肌肉中含量最低;脾脏和白色肌肉中高不饱和脂肪酸的比例较高;肝脏中的饱和脂肪酸和MUFA含量较高,PUFA含量较低。

2 金鲳鱼的加工技术

目前,主要的金鲳鱼加工产品有条冻、鱼片、鱼糜制品和调味制品。2005年以来,金鲳鱼的加工制品(包括冷冻鱼、冷冻鱼片等)产量逐步升高,比例占金鲳鱼总产量的50%~80%^[8]。我国金鲳鱼出口量约占60%,内销约占40%。出口产品以深水网箱养殖金鲳鱼为主,且以条冻鱼为主,产品种类较为单一,保质期短,主要销往美国、加拿大等北美地区。内销产品市场仍以产地附

近地区的消费为主,即海南、福建、广东及广西等省的产地附近。起初由于金鲳鱼被定位为出口产品,价格昂贵,大众接触较少;随着金鲳鱼养殖量的增加,价格降低,逐渐达到大众消费水平。但因饮食习惯、加工方式及运输成本等问题,南方地区市场上的金鲳鱼以鲜鱼和冰鲜鱼为主,北方地区市场则以冷冻鱼居多。内销受出口影响较大,当出口不顺利时,内销压力增大,收售价格下跌,造成市场失控,经济损失巨大^[9]。因此,研究不同形式的金鲳鱼加工显得更有意义。

2.1 金鲳鱼鱼糜制品加工

鱼糜及其制品是我国传统的水产品加工形式。1980年以来,我国的鱼糜制品从手工业发展到如今的工业化和规模化生产,在技术、规模、品质和产量方面都有质的飞跃。2016年,我国鱼糜制品的产量为155.4万t^[10]。当前,福建、山东、湖北及浙江等省是我国鱼糜制品的主要产地^[11]。

金鲳鱼肉是生产鱼糜制品的良好原料。对于金鲳鱼鱼糜制品的研究多集中在添加物^[12]、漂洗工艺^[13-14]、擂溃方式^[15]和加热温度^[16]等对鱼糜制品的弹性或凝胶强度的影响,采用传统加工工艺生产的金鲳鱼鱼糜制品的凝胶强度较低。为提高金鲳鱼鱼糜制品的市场占有率,改善其凝胶强度已成为亟待解决的问题。

黄和等^[17]利用响应面法研究加工工艺对金鲳鱼鱼糜凝胶强度和白度的影响,结果表明,漂洗时间及次数、擂溃及加热时间对鱼糜凝胶特性有显著影响,以金鲳鱼鱼糜的凝胶强度为评价指标优化所得的最优工艺为漂洗5次,每次3 min→擂溃21 min→加热10 min→再加热10 min;以金鲳鱼鱼糜的凝胶白度为评价指标优化所得的最优工艺为漂洗6次,每次4 min→擂溃22 min→加热11 min→再加热10 min。

曹湛慧等^[18]研究发现,采用擂溃20 min和二段加热法中50℃、20 min的条件制成的金鲳鱼鱼糜制品的凝胶强度最高;向金鲳鱼鱼糜制品中添加乳酸钙、琼胶、海藻酸钠等增强剂可以提高其凝胶强度,且3种物质的最佳添加量分别为0.15%、1.00%和0.60%。此外,曹湛慧等^[19]研究发现,在添加蔗糖、山梨醇和复合磷酸盐的基础上,复配一定量的卡拉胶、麦芽糊精和蔗糖酯生产的冷冻鱼糜具有较好的抗冻效果。

王娜^[20]研究发现,通过复配海藻糖(4.5%)、木糖醇(6.7%)和复合磷酸盐(1.2%),并将其添加到金鲳鱼鱼糜中,所得鱼糜的凝胶强度、白度及持水性得到不同程度的提高,对鱼糜的抗冻性具有一定效果。

2.2 金鲳鱼保鲜加工

鱼片中较高的含水量以及丰富的营养成分为微生物的滋长和腐败提供了良好的环境条件,因此鱼片在短时间内很容易发生腐败现象。冷冻保藏是目前水产品加工

中采用的最主要方法^[21]，冷冻保藏可以明显延缓鱼类等水产品捕获后新鲜度的下降，有效延长它们的保鲜期。此外，鱼类保鲜技术还有化学保鲜、气调保鲜等，但这些技术存在容易导致鱼类中试剂残留、品质劣变及营养损失等问题^[22]。与冷冻条件下的鱼片相比，冷藏条件（0~4℃）下的鱼片通过短期低温贮藏，与新鲜鱼肉的品质更为接近。黄卉等^[23]以挥发性盐基氮（total volatile basic nitrogen, TVB-N）含量、鱼类鲜度指标K值、钙泵Ca²⁺-ATP酶活性、硫代巴比妥酸（thiobarbituric acid, TBA）值和菌落总数等为指标研究金鲳鱼冰藏期间的鲜度变化趋势，并确定冰藏金鲳鱼的货架期为14~15 d。

Gao Mengsha等^[24]研究发现，迷迭香提取物与乳酸链球菌素结合使用可以有效延长冷藏金鲳鱼鱼片的货架期。Feng等^[25]研究发现，明胶协同壳聚糖涂层能够延缓鱼片蛋白质的变性，对冷藏金鲳鱼鱼片的肌原纤维退化起到抑制作用。Qiu Xujian等^[26]通过测定过氧化物值（peroxide value, POV）、硫代巴比妥酸反应物（thiobarbituric acid reactive substances, TBARs）值、滴水损失等指标，发现壳聚糖涂层协同柠檬酸和甘草萃取物能够有效抑制-18℃冻藏条件下金鲳鱼的脂质氧化。林晓霞等^[27]研究发现，番石榴多酚可以有效抑制金鲳鱼鱼糜中微生物的生长繁殖和TVB-N含量的上升，延缓其感官品质的劣化，显著延长鱼糜的货架期，具有良好的保鲜效果。陈美花等^[28]研究发现，使用聚乙烯（polyethylene, PE）保鲜膜进行普通包装和真空包装可以抑制冷藏金鲳鱼感官品质的下降，降低细菌的生长繁殖速率和脂肪的氧化程度，延缓鱼肉的TVB-N含量与pH值变化，具有一定的保鲜效果，且真空包装的效果更佳；与对照组相比，普通包装和真空包装金鲳鱼肉的货架期分别延长2 d和6 d。杨坤等^[29]用质量浓度分别为1、2、5 g/L的表没食子儿茶素没食子酸酯（epigallocatechin gallate, EGCG）溶液对金鲳鱼片进行浸泡处理，4℃真空冷藏，结果表明，EGCG能够减缓金鲳鱼片感官及质构等品质的下降，延长鱼片的货架期。

2.3 金鲳鱼超高压加工

超高压技术是对密封容器中的原料通过流体（如水）传递静态高压处理一段时间，进而达到杀灭微生物、降低酶活性、改善组织结构和保藏性能的新型食品加工技术^[30-31]。王安琪等^[32]调制出半干即食金鲳鱼产品，经超高压灭菌处理后，产品的剪切力、硬度和弹性等质构指标均显著优于传统热杀菌产品。

2.4 金鲳鱼罐头加工

鱼在生鲜状态或经蒸煮脱水后装罐，然后加入调味液，通过排气、密封、杀菌等工艺制成的罐头称为调味水产罐头^[9]。将金鲳鱼加工成罐头食品不仅可以有效延长其贮藏期，而且能够增加其商品价值，方便食用，所

得产品风味独特、品种齐全，有红烧、葱烤、糖醋、烟熏、五香及豆豉等多种风味。目前，水产品罐头的主要形式为金属罐头和软罐头，要使金鲳鱼罐头能满足不同地域、人群的需求，扩大市场，仍有必要研发更多的新型产品。

2.5 金鲳鱼盐干制品加工和液熏加工

盐干制品是指经过腌渍后漂洗再干燥的制品。食盐腌渍能使金鲳鱼原料脱去部分水分，在加工和贮藏时起到防止腐败变质的作用。盐干制品制作设备简单、操作简便，保存期较长。液熏法是将木材干馏产生的烟气用合适的方法进行液化或再加工制成烟熏液，用烟熏液浸泡食物或将其喷涂于食物表面，以取代传统的烟熏方法，烟熏液中不含或含有很少量的3,4-苯并芘，是一种清洁、卫生、安全的熏制材料。

3 金鲳鱼副产物的综合利用

随着金鲳鱼需求量的大量增加，其加工过程中有大量鱼内脏、鱼头、鱼骨和鱼尾等副产物产生，且基本都没有被开发利用^[33]，这不仅造成了优质水产资源的浪费，还造成了一定的环境污染。因此，金鲳鱼内脏的高值利用是一个亟待解决的问题^[34]。

3.1 金鲳鱼内脏蛋白酶的分离纯化与应用

当前，鱼类蛋白酶在食品加工中的需求日趋增大。作为渔业产业中最重要的副产品之一，内脏在提取消化酶方面具有广泛的生物技术潜能，尤其是在大范围pH值和温度条件下具有高活性^[35]和在较低浓度下表现出高催化活性的蛋白酶^[36]。鱼类蛋白酶的这些特征使它们在食品加工过程中有不同的应用，鉴于鱼类蛋白酶的特殊性，其副产物成为提取蛋白酶的重要原料^[37]。目前，我国已有很多关于鱼类内脏蛋白酶的研究，如张秀娟^[38]对章鱼等鱼种的内脏蛋白酶进行分离、纯化，得到活性较高的蛋白酶，并且对酶的性质进行研究；张岚等^[39]以鲢鱼的肠、胃为原料，通过超声波辅助方法提取蛋白酶；李梅娟等^[40]探讨鲍鱼内脏内源蛋白酶的性质，研究pH值、温度和金属离子等条件对酶活性的影响，提供了缩短传统加工工艺制作鲍鱼酱油发酵时间的基础数据。

张培等^[41]以金鲳鱼内脏为原料制备粗酶提取物，经硫酸铵沉淀，Sephadex G-100及Sephadex G-50凝胶过滤层析得到纯度较高的内脏酸性蛋白酶；利用该酶酶解罗非鱼鱼皮明胶，发现其酶解性能优于猪胃蛋白酶，与碱性蛋白酶和木瓜蛋白酶相似。肖鑫鑫等^[42]研究发现，从金鲳鱼内脏中提取的混合蛋白酶在pH 4.0~6.0条件下活性较高，在20~25℃温度范围内活性达到最大值；在不同金属阳离子的作用下，金鲳鱼内脏酸性酶呈现不同的活性，Zn²⁺和Mg²⁺对酶的活性具有促进作用，而Pb²⁺和

乙二胺四乙酸 (ethylene diamine tetraacetic acid, EDTA) 对酶的活性具有明显的抑制作用; 经Sephadex G-100分离得到金鲳鱼酸性蛋白酶的3个组分, 它们对明胶的分解能力均强于胃蛋白酶对照物。

在最适pH值条件下, 用金鲳鱼内脏蛋白酶、胃蛋白酶、木瓜蛋白酶和碱性蛋白酶提取虾青素的量各不相同。酸性条件下, 采用金鲳鱼内脏蛋白酶提取的虾青素量明显高于胃蛋白酶, 略低于木瓜蛋白酶。金鲳鱼内脏蛋白酶对虾壳酶解产物的1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) 自由基清除率为100.9%, 显著优于胃蛋白酶 (77.9%), 仅次于木瓜蛋白酶 (138.6%)。金鲳鱼内脏蛋白酶对罗非鱼鱼鳞胶原蛋白的提取率为1.25%, 低于胃蛋白酶 (1.89%), 这可能是由于提取所得蛋白酶的浓度和活性较低, 导致相同条件下的胶原提取率低于胃蛋白酶液。金鲳鱼内脏蛋白酶不能分解胶原的3股螺旋结构, 只能作用于胶原的端肽, 因此金鲳鱼内脏蛋白酶在提取胶原方面的应用有待深入研究^[1]。

3.2 金鲳鱼内脏脂肪酶的分离纯化与应用

刘洪霞等^[33]将金鲳鱼内脏经硫酸铵分级沉淀纯化得内脏粗脂肪酶, 实验结果表明: 反应温度45℃时酶活力达到最大值; pH 8.0时酶活力最高, pH 6.0~10.0范围内酶活力较为稳定, 过酸或过碱的环境会破坏酶的空间结构和构象, 从而降低酶活性; 同时研究酶添加量、pH值、温度和脱脂时间等因素对该脂肪酶脱脂率的影响, 结果表明, 该酶在温和的条件下能够脱除鱼皮脂肪, 且最佳工艺条件为温度37.25℃、pH值7.63、酶添加量88.22 U/g, 该工艺条件下的脱脂率为67.39%。

3.3 金鲳鱼鱼油的提取

金鲳鱼骨中油脂含量丰富, UFA含量为68.44%, 其中MUFA与PUFA含量分别为37.99%和30.45%, 饱和脂肪酸含量为31.56%, 其中油酸、棕榈酸、亚油酸、DHA和EPA含量丰富。曹璇等^[43]利用超声波协同稀碱水解法提取鱼骨油, 鱼骨油的提取率达80.51%, 该工艺操作简单, 大大增加了金鲳鱼骨等副产物大规模加工利用的可行性。因此, 金鲳鱼骨具有较高的保健效果和经济价值, 具有一定的开发利用前景。

3.4 金鲳鱼皮胶原蛋白的提取

Wang Yanxia等^[44]从金鲳鱼皮中提取酸溶性胶原蛋白 (acid-soluble collagens, ASC) 和酶溶性胶原蛋白 (pepsin-soluble collagens, PSC), 结果表明, 2种胶原蛋白具有相似的氨基酸组成和红外吸收光谱, 前者的分子质量略高于后者, 热变性温度分别为31.8℃和30.0℃。金鲳鱼皮可以作为提取胶原蛋白的优良材料, 从而提高金鲳鱼的经济效益及产品附加值。廖伟等^[45]采用胃蛋白酶法提取并优化金鲳鱼鱼皮PSC的提取工艺,

得到的PSC具有较高的热变性温度 (30.44℃), 与鱼皮ASC有类似的蛋白构型和红外峰型, 并经鉴定为I型胶原蛋白。

4 结 语

随着金鲳鱼养殖规模的增大, 应以现代高新技术和设备为技术支撑, 综合考察金鲳鱼自身的特性和各种工艺技术的应用效果, 鼓励发展金鲳鱼产品的多元化精深加工, 使其向着生鲜食品、老人儿童食品、高档调理食品等方向发展, 促进金鲳鱼养殖、加工和流通产业链一体化, 加强金鲳鱼产业的内部凝聚力, 提高产业发展的内动力。同时, 应注重金鲳鱼副产物的高值化利用, 开拓保健食品、化妆品、饲料和化工产品等综合应用领域, 大大提高金鲳鱼加工的附加值, 从而获得良好的经济效益和社会效益, 有力推动金鲳鱼加工业向更高层次、更大规模的方向发展。

参考文献:

- [1] 肖鑫鑫. 金鲳鱼内脏酸性蛋白酶的分离及部分酶学性质和应用研究[D]. 海口: 海南大学, 2016: 1; 29-31.
- [2] 万程文. 高位池金鲳鱼的养殖技术[J]. 海洋与渔业(水产前沿), 2016(1): 73-74. DOI:10.3969/j.issn.1672-4046.2016.01.032.
- [3] 廖静. 金鲳鱼“产业革命”即将开启[J]. 海洋与渔业, 2017(4): 24-25. DOI:10.3969/j.issn.1672-4046.2017.04.003.
- [4] 戴梓茹, 钟秋平, 林美芳, 等. 金鲳鱼营养成分分析与评价[J]. 食品工业科技, 2013, 34(1): 347-350. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2013.01.014.
- [5] 杨欣怡, 杜雪莉, 张凤桦, 等. 网箱海养卵形鲳鲆肌肉挥发性风味成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(1): 218-224. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201701036.
- [6] 杨欣怡, 宋军, 赵艳, 等. 网箱海养卵形鲳鲆肌肉中呈味物质分析评价[J]. 食品科学, 2016, 37(8): 131-135. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201608023.
- [7] 张少宁, 徐继林, 侯云丹, 等. 卵形鲳鲆不同组织器官脂肪酸组成含量的比较[J]. 食品科学, 2010, 31(10): 192-195.
- [8] 邱名毅, 钟鸿干. 金鲳鱼养殖与加工市场分析[J]. 海洋与渔业, 2012(5): 86-87. DOI:10.3969/j.issn.1672-4046.2012.05.062.
- [9] 韩丽娜, 王素华, 郑飞, 等. 卵形鲳鲆加工利用技术研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(5): 202-204. DOI:10.3969/j.issn.1672-4046.2012.05.062.
- [10] 农业部渔业渔政管理局. 2017中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017: 89-92.
- [11] 任宏伟, 胡柳. 我国鱼糜制品现状及发展态势[J]. 中国水产, 2010(8): 25-26. DOI:10.3969/j.issn.1002-6681.2010.08.012.
- [12] 郭培, 李川, 申铨日, 等. 金鲳鱼肉和罗非鱼皮明胶改善罗非鱼碎肉鱼糜品质[J]. 农业工程学报, 2016, 32(增刊2): 406-411. DOI:10.11975/j.issn.1002-6819.2016.z2.057.
- [13] 钱娟, 王继宏, 田鑫, 等. 漂洗方式对低盐罗非鱼鱼糜凝胶性能的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22(3): 466-474.
- [14] 袁美兰, 赵利, 邹胜员, 等. 水温差阶段漂洗对草鱼鱼糜凝胶品质的影响[J]. 食品科技, 2011, 36(9): 152-156. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2011.09.059.
- [15] 陈申如, 刘阳, 李燕杰. 擂溃条件对鱼糜制品弹性的影响[J]. 大连工业大学学报, 2004, 23(3): 194-197. DOI:10.3969/j.issn.1674-1404.2004.03.010.



- [16] 林东年, 黄东万, 翁尚壮. 黄肚金钱鱼 (*Nemipterus bathybius* Snyder) 冷冻鱼糜制品生产工艺的研究[J]. 现代渔业信息, 2003, 18(12): 9-12.
- [17] 黄和, 王娜, 陈良, 等. 金鲳鱼鱼糜制品加工工艺优化[J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 193-198. DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2015.06.046.
- [18] 曹湛慧, 黄和, 陈良, 等. 加工工艺对金鲳鱼鱼糜制品凝胶强度的影响[J]. 食品工业, 2015, 36(7): 37-40.
- [19] 曹湛慧, 黄和, 陈良, 等. 金鲳鱼冷冻鱼糜抗冻剂筛选的研究[J]. 食品工程, 2015(1): 42-45. DOI:10.3969/j.issn.1673-6044.2015.01.014.
- [20] 王娜. 加工工艺对金鲳鱼鱼糜凝胶特性及鱼糜蛋白冷冻变性影响的研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2015: 54.
- [21] 段振华, 王素华. 金枪鱼的加工利用技术研究进展[J]. 肉类研究, 2013, 27(8): 35-38.
- [22] 刘扬. 鲑鱼片气调保鲜技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2008: 2-4.
- [23] 黄卉, 李来好, 杨贤庆, 等. 卵形鲳鲹在冰藏过程中鲜度变化研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(12): 421-423. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2011.12.013
- [24] GAO Mengsha, FENG Lifang, JIANG Tianjia, et al. The use of rosemary extract in combination with nisin to extend the shelf life of pompano (*Trachinotus ovatus*) fillet during chilled storage[J]. Food Control, 2014, 37: 1-8. DOI:10.1016/j.foodcont.2013.09.010.
- [25] FENG X, BANSAL N, YANG H S. Fish gelatin combined with chitosan coating inhibits myofibril degradation of golden pomfret (*Trachinotus blochii*) fillet during cold storage[J]. Food Chemistry, 2016, 200: 283-292. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.01.030.
- [26] QIU Xujian, CHEN Shengjun, LIU Guangming, et al. Inhibition of lipid oxidation in frozen farmed ovate pompano (*Trachinotus ovatus* L.) fillets stored at -18°C by chitosan coating incorporated with citric acid or licorice extract[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2015, 96(10): 3374-3379. DOI:10.1002/jsfa.7517.
- [27] 林晓霞, 黄和, 曹湛慧, 等. 番石榴多酚对金鲳鱼鱼糜的保鲜效果研究[J]. 食品工业, 2017, 38(2): 88-91.
- [28] 陈美花, 覃媚, 林启斌, 等. 包装方式对冷藏金鲳鱼肉品质的影响[J]. 钦州学院学报, 2017, 32(3): 11-15. DOI:10.3969/j.issn.1673-8314.2017.03.002.
- [29] 杨坤, 魏佩宇, 王祺, 等. EGCG对冷藏金鲳鱼鱼片新鲜度品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017(17): 255-259. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.17.049.
- [30] YALDAGARD M, MORTAZAVI S A, TABATABAIE F. The principles of ultra high pressure technology and its application in food processing/preservation: a review of microbiological and quality aspects[J]. African Journal of Biotechnology, 2008, 7(16): 2739-2767.
- [31] 段振华. 超高压技术在水产品加工中的应用[J]. 中国食物与营养, 2008(1): 31-33. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2008.01.010.
- [32] 王安琪, 黄睿, 胡晓苹, 等. 超高压工艺优化及其对即食金鲳鱼质构的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(5): 123-128. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2017.05.026.
- [33] 刘洪霞, 夏光华, 李川, 等. 金鲳鱼内脏脂肪酶的初步纯化及鱼皮酶法脱脂的工艺优化研究[J]. 食品工业科技, 2017(20): 98-104. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.20.018.
- [34] 尹青春, 岑燕钊, 许纯绚, 等. 鲑鱼内脏蛋白酶的提取工艺研究[J]. 广州食品工业科技, 2012, 28(3): 304-308. DOI:10.3969/j.issn.1673-9078.2012.03.016.
- [35] SHAHIDI F, KAMIL J Y V A. Enzymes from fish and aquatic invertebrates and their application in the food industry[J]. Trends in Food Science and Technology, 2001(2): 435-464. DOI:10.1016/S0924-2244(02)00021-3.
- [36] HAARD N F. Specialty enzymes from marine organisms[J]. Food Technology, 1998, 52(7): 64-67.
- [37] HAYET B K, RYM N, ALI B, et al. Low molecular weight serine protease from the viscera of sardinelle (*Sardinella aurita*) with collagenolytic activity: purification and characterisation[J]. Food Chemistry, 2011, 124(3): 788-794. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.06.096.
- [38] 张秀娟. 章鱼内脏提取酸性蛋白酶的工艺研究[D]. 泉州: 华侨大学, 2016: 31-64.
- [39] 张岚, 衣杰荣. 超声波辅助提取鲢鱼内脏蛋白酶的工艺研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(22): 302-307; 329. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.22.054.
- [40] 李梅娟, 刘丹, 贾真, 等. 鲍鱼内脏内源蛋白酶特性的研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(19): 81-85. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.19.007.
- [41] 张培, 申铨日, 李川, 等. 金鲳鱼内脏酸性蛋白酶的分离纯化及酶学性质研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(2): 210-214. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.02.032.
- [42] 肖鑫鑫, 申铨日, 张培. 金鲳鱼内脏复合蛋白酶的分离及酶学性质研究[J]. 食品科技, 2015, 40(9): 140-145. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2015.09.030.
- [43] 曹璇, 申铨日. 超声波辅助稀碱水解法提取金鲳鱼骨油的工艺优化与脂肪酸组成分析[J]. 食品科学, 2017, 38(18): 280-285. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201718043.
- [44] WANG Yanxia, WEI Peixiao, WENG Wuyin. Characteristics and select functional properties of collagen from golden pompano (*Trachinotus ovatus*) skins[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2017, 26(8): 892-902. DOI:doi.org/10.1080/10498850.2017.1354344.
- [45] 廖伟, 夏光华, 王佳媚, 等. 金鲳鱼鱼皮酶溶性胶原蛋白的提取工艺优化及基本特性[J]. 食品工业科技, 2017, 38(19): 142-147. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.19.027.