

泥鳅深加工现状与发展展望

姚东瑞^{1,2} 周鸣谦^{1,2} 盘赛昆¹

(¹淮海工学院, 连云港 222005)

(²江苏省海洋资源开发研究院, 连云港 222005)

摘 要 对泥鳅深加工的研究现状进行综述, 同时对泥鳅产业发展过程中存在的问题进行探讨, 并对加工业发展前景进行展望, 旨在为泥鳅深加工的相关研究提供参考。

关键词 泥鳅 加工 活性物质

中图分类号 S9-9; S986.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2010)06-0122-06

Status and prospect of deep processing of *Misgurnus anguillicaudatus*

YAO Dong-rui^{1,2} ZHOU Ming-qian^{1,2} PAN Sai-kun¹

(¹Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005)

(²Jiangsu Marine Resources Development Research Institute, Lianyungang 222005)

ABSTRACT Status and development of deep processing of *Misgurnus anguillicaudatus* is summarized in this paper, which includes analysis on its nutrient ingredient, research on active substances, and exploitation of convenient food and so on. Also the development trend and the prospect of deep processing of *Misgurnus anguillicaudatus* are discussed.

KEY WORDS *Misgurnus anguillicaudatus* Processing Active substance

泥鳅 *Misgurnus anguillicaudatus* 是我国广泛分布的一种小型经济鱼类, 属鲤形目鳅科, 其肉质细嫩, 味道鲜美, 是一种高蛋白、低脂肪的营养珍品。传统中医还认为泥鳅具有滋阴清热、补脾益气、祛湿、兴阳等药用功效, 因此被人们称为“水中人参”(刘孝华 2008)。韩、日喜食泥鳅, 引领饮食潮流, 泥鳅的市场需求量逐年增加, 养殖业不断壮大, 出口基地渐成规模, 成为我国水产业特别是江苏、湖北等省的一个极具发展潜力的特色品种(沈毅等 2005)。

1 泥鳅深加工研究现状

1.1 泥鳅营养成分分析

对泥鳅的营养成分进行分析, 评定其营养价值优劣, 可为泥鳅加工以及综合利用提供科学依据。赵振山等(1999)、顾利青等(2002)的分析结果显示, 泥鳅肌肉中氨基酸组成全面, 17 种氨基酸总量为 16.11%(鲜重), 9 种必需氨基酸总量为 7.02%, 高于大多数常规养殖鱼类, 同时必需氨基酸构成比例符合 FAO/WHO 的标准。鱼类肌肉中所含与呈味有关的氨基酸主要有谷氨酸、天冬氨酸、丙氨酸、精氨酸与甘氨酸等, 泥鳅肌肉中呈味氨

科技部科技人员服务企业行动项目(2009GJC10044)、江苏省农业科技自主创新资金项目(CX09-627)和连云港市科技基础设施建设计划(CK0935)共同资助

收稿日期: 2010-05-13; 接受日期: 2010-07-28

作者简介: 姚东瑞(1966-), 男, 博士, 教授, 主要从事水产品加工研究与渔业经济研究。E-mail: yaodr@hhit.edu.cn, Tel: (0518)85895008

氨基酸含量(6.51%)高于斑点叉尾鮰(6.36%)、黄颡鱼(5.3%)、鲢(5.35%)、胡子鲶(5.52%)等名优鱼类(高峰等 1999;聂国兴等 2002;孔晓荣 1998;蔡焰值 1998;谭德清等 2004;鲍丹等 2006;陈芳等 1999;严安生等 1995;舒妙安等 2000)。钦传光等(2002c)还对泥鳅干粉、活体提取物、胃蛋白酶解提取物中的营养成分进行分析。结果显示,泥鳅及其提取物中含有丰富的游离氨基酸,其中胃蛋白酶解提取物中必需氨基酸和微量元素含量较高,同时具有重要生理功能的牛磺酸含量达3.5%以上,对人体的生长发育、提高智力和增强体能具有积极意义。

泥鳅据其染色体倍数划分,可分为二倍体和四倍体泥鳅(高泽霞等 2007;Arai *et al.* 1993;印杰等 2005),吴萍等(2007)还利用冷休克成功诱导出泥鳅三倍体。四倍体泥鳅属多倍体类型,其个体较大,适应性强。三倍体鱼类用于性腺发育的能量全部用于生长,具有比正常二倍体更快的生长率。而大鳞副泥鳅属,与泥鳅进化关系很近,常被误认为是同一种鱼。以上几种泥鳅品种的营养成分是否存在差异,研究结果显示(吴萍等 2007;印杰等 2008a):三倍体泥鳅幼鱼与二倍体泥鳅相比较,在氨基酸总量、必需氨基酸总量、饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸总量上并不具优势,主要呈味氨基酸量及总量均低于二倍体,n-3系列高度不饱和脂肪酸C22:6(DHA)与C20:5(EPA)的总量则高于二倍体;四倍体泥鳅和二倍体泥鳅肌肉中蛋白质含量、17种氨基酸含量、氨基酸总量和必需氨基酸总量均很接近,但都明显高于大鳞副泥鳅;四倍体泥鳅呈味氨基酸含量(7.33%)高于二倍体泥鳅(6.98%)和大鳞副泥鳅(6.95%)。

1.2 泥鳅活性物质的研究

泥鳅不仅营养丰富,还具有多种保健功效,究其原因主要是泥鳅含有多种活性物质。目前关于泥鳅活性物质的研究主要集中于泥鳅黏液、肌肉中分离的多糖、活性肽、酶等。

1.2.1 泥鳅多糖

将泥鳅黏液中分离提取到的粗多糖经 Sephadex G100 凝胶柱分离,可得纯化的泥鳅多糖(*Misgurnus anguillicaudatus* polysaccharides, MAP)(Qin *et al.* 2001)。泥鳅多糖主要由岩藻糖和半乳糖组成,其重均分子量为130252(约723个糖基)(Qin *et al.* 2008;钦传光等 2002d)。

一系列动物试验结果显示,泥鳅多糖能明显降低模型组的血清转氨酶和肝肿胀,显著抑制1-萘基硫氰酸酯引起小鼠血清黄疸指数升高,对小鼠肝脏的化学性损伤有显著的抑制作用(钦传光等 2001a;Dong *et al.* 2002);泥鳅多糖能明显降低链佐星或四氧嘧啶所致糖尿病小鼠的血糖、血清总胆固醇、血清甘油三酯和血清低密度脂蛋白胆固醇升高,具有降血糖和调节血脂的作用(钦传光等 2002b;Tsai *et al.* 1996);泥鳅多糖对急性炎症和小鼠的白细胞游走有抑制作用,其抗炎效果略强于或相当于地塞米松磷酸钠注射液,同时对慢性炎症有一定的抑制作用(钦传光等 2001b);泥鳅多糖能明显增强ConA诱导的小鼠脾淋巴细胞增殖能力,明显增强二硝基氟苯诱导的小鼠迟发型变态反应,明显升高小鼠血清溶血素含量,明显增强抗体生成细胞能力等,具有免疫调节作用(钦传光等 2002a);泥鳅多糖可增高小鼠血红蛋白含量,抑制组织脂质过氧化反应以及增加血浆中SOD活性,延长小鼠在不同缺氧条件下的存活时间,并以50mg/kg·d剂量效果最佳(周军等 2003)。

1.2.2 泥鳅多肽

游丽君等(2006、2008、2009)以泥鳅肉为原料,采用Alcalase 2.4 L、Protamex、Papain、PTN6.0 S、Flavorzyme 500 MG等酶制剂水解泥鳅蛋白得到小分子肽,各种酶均能降解泥鳅蛋白中分子量大于3000 Da的片断,产物中以分子量小于500 Da的肽段为主,而各酶解产物的谷氨酸、色氨酸、天冬氨酸的含量提高,氨基酸组成较原料泥鳅蛋白更接近FAO/WHO推荐的成人模式。此外Alcalase 2.4 L的酶解产物清除DPPH的能力最强,其次为PTN6.0 S酶解产物、Protamex酶解产物。钦传光等(2001c,d)对酶解泥鳅蛋白进行毒理学评价,未发现该受试物具有明显的毒性作用。多肽易被人体消化吸收,同时具有抗氧化、抗疲劳、调节激素、降血压等功能,利用多肽开发各种保健食品具有广阔的市场前景(Mendis *et al.* 2005;Almajano *et al.* 2007;盘赛昆等 2009a,b,c)。

1.2.3 抗菌肽

Park 等(2009)从泥鳅黏液中分离到一种含 21 个氨基酸残基的新抗菌肽,将其命名为泥鳅素(Misgurin)。泥鳅素是一种具有 5 个精氨酸残基和 4 个赖氨酸残基的强碱性多肽,其重均分子量为 2 502D(Kim *et al.*, 2008; Kwak *et al.*, 2003)。泥鳅素对微生物表现出很强的广谱抗菌活性(Raj *et al.*, 2002; Lorenzini *et al.*, 2003),裴颖等(2009)的研究表明,其对嗜水气单胞菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌具有良好的抑制效果,其抗菌活性大约是目前公认的抗菌活性最强的抗菌肽 Magainin- II 的 6 倍以上(陈晓平等 2008; Bulet *et al.*, 2004),但没有显著的溶血活性。抗菌肽为开发新的抗生素开辟了广阔的前景,极有可能成为无毒或低毒副作用的抗肿瘤新药,具有广阔的应用前景。

1.2.4 凝集素

Goto-Nance 等(1995)报道,采用离子交换色谱和 Sepharose S-200 凝胶柱经多次凝胶过滤,从泥鳅黏液中分离到两种凝集素,分别命名为 MAL-1 和 MAL-2。MAL-1 是一种糖蛋白,其糖链由 D-半乳糖(13.6%)、D-甘露糖(2.1%)和 L-木糖(2.5%)组成,完整 MAL-1 分子的重均分子量为 300 kD 以上(盘赛昆等 2009c)。MAL-1 能与海鳗黏液凝集素的抗体反应却不能与藤壶贝类凝集素的抗体反应, MAL-2 的相对分子量比 MAL-1 小。凝集素可以作为研究细胞膜结构的探针,并可用于光镜或电镜水平的免疫细胞化学研究工作,在探索细胞分化、增生和恶变的生物学演变过程,显示肿瘤相关抗原物质,以及对肿瘤的诊断评价等方面均有重要价值(Pan *et al.*, 2010)。

1.2.5 超氧化物歧化酶

梁明山等(1999)从泥鳅体表黏液中发现存在超氧化物歧化酶(SOD)。泥鳅黏液 SOD 较耐碱性条件,不耐酸性条件,在 pH 7.0 时,活性最强。黏液 SOD 在热条件下稳定性较强,其在 65 °C 保温 5 min, 仍然保留相当催化活性。唐云明(1998)从泥鳅鲜肉内分离纯化得到 Fe-SOD, 该酶亚基由 155 个氨基酸残基组成,末端氨基酸为丙氨酸,分子量约为 36.5 kD。SOD 能够清除超氧阴离子自由基,在防御氧的毒性、抗辐射损伤以及预防衰老等方面起着重要作用。

1.2.6 透明质酸

透明质酸(Hyaluronic acid, HA)是一类高分子多聚糖,它具有较高的特性黏度值和较强的保湿性,已被广泛应用于各种复杂的眼科手术及关节炎的治疗,并被作为最佳保湿因子应用于化妆品中。传统的提取原料有脐带、鸡冠等,原料有限、产品质量差。孙智华等(2001)以泥鳅黏液组织为原料,用酶解法制备出透明质酸,收率为 1.96%,这对扩大 HA 的生产规模、降低成本具有重要的意义。

1.3 泥鳅方便食品的开发

目前开发的泥鳅方便食品主要有罐头、即食泥鳅干等,研究主要集中于加工工艺的探索。由于风味独特、食用方便,软包装的泥鳅罐头具有良好的市场前景(赵忠全等 2000),其加工工艺一般为(楼明等 1999):泥鳅→预处理→去头、去内脏→清洗→晾干→切分→油炸→炒制→装袋→真空封口→杀菌→冷却→检验→成品。即食泥鳅干的加工工艺为(李燕等 2009):原料处理→腌渍→漂洗→蒸煮→烘干→称重→过蒸→加调味液→烘烤→加调味酒→腌蒸→检验→装袋→封口→成品贮藏。

2 泥鳅产业发展过程中存在的问题

2.1 养殖技术逐渐成熟,产业规模逐渐形成

虽然对泥鳅的利用较早,《滇南本草》(公元 1436 年)即对其药用功效有所记载,但以往主要依靠野外捕获,并未形成真正的产业。随着市场需求的不断增加,20 世纪 90 年代开始泥鳅人工养殖逐渐兴起,并形成了稻田养殖、池塘养殖等多种养殖模式。在科技工作者的努力下,泥鳅养殖逐步解决了苗种繁育、高效无公害养殖、病害防治等技术难题,使每 0.067 hm² 泥鳅专养池塘产量达 2 000 kg 以上(孙守旗等 2009; 印杰 2008b; 邹叶茂等 2009)。目前,江苏、湖北、四川、安徽、山东等省已形成了大规模的泥鳅养殖基地,产量逐年增加,仅江

苏省 2007 年产量就近 2 万 t,泥鳅已由一个野生品种逐渐发展成为一个新兴的特色水产品种。对于日益壮大的泥鳅养殖业,如何消化持续增加的产量成为产业进一步发展所面临的问题。

2.2 出口基地形成,国际市场依赖程度加大

得益于韩、日等国对于泥鳅需求的增加,泥鳅已成为出口创汇的特色水产品之一,大规模泥鳅出口基地逐渐形成。以江苏省赣榆县为例,2002~2009 年该县泥鳅养殖面积由不足 33.33 hm²发展到 1 400 hm²,年产量近 1 万 t 余,出口量占据韩国鲜活泥鳅市场的 90%(祝新华等 2009),成为我国主要的泥鳅出口基地。大规模出口基地的形成有利于泥鳅产业的进一步发展与壮大,但也带来国际市场依赖程度过大的问题,金融危机、贸易壁垒对于泥鳅产业产生极大的冲击。如 2008 年赣榆县仅向韩国出口约 8 000 t 泥鳅,比 2007 年减少 50%,其余泥鳅只好在国内亏本销售,养殖户损失惨重。

2.3 精深加工发展缓慢,产业链有待完善

加工业薄弱一直以来是我国水产业发展急需解决的问题,泥鳅产业也不例外。目前,无论内销还是外销,鲜活泥鳅仍为唯一模式,泥鳅产业仅有养殖与流通两个环节,加工业几乎为空白,产业风险极大。养殖规模的扩大、产量的提高已为加工业的兴起奠定必要的基础,国际市场的剧烈波动更是要求开发新产品、开辟新市场来规避风险。同时,生活节奏的加快、保健意识的增强也使得消费者对于泥鳅产品提出了更高的要求(姚东瑞 2009)。泥鳅产业亟需发展加工业来完善产业链。

3 泥鳅深加工发展展望

泥鳅具有个体小、营养丰富兼具保健功效的特点,不能简单地按照大宗水产品加工业模式发展。同为特色水产品的小龙虾的成功经验可为泥鳅加工业给予启示。小龙虾被引入我国后也经历了由野外捕获到人工养殖的过程,并逐步发展成为一个年产值近百亿的特色水产产业,其产业高速发展与加工业的带动密不可分(黄明祥 2009;陆剑锋等 2006;汤靛颖 2009)。最初的小龙虾加工起源于 20 世纪 90 年代,以加工出口传统速冻制品为主,年产数千 t。独具特色的小龙虾餐饮业兴起,才真正带动了产业的快速发展,形成了“盱眙龙虾”等知名品牌,以及湖北、江苏等省产量过 10 万 t 的小龙虾大省。目前,小龙虾加工业正朝着小龙虾方便食品、调味料、甲壳素等多元化的精深加工方向发展,带动小龙虾产业步入了良性发展的阶段。

对比于小龙虾,泥鳅在营养与保健方面更具历史积淀,泥鳅加工业的发展应抓住这一优势进行。据此作者所带领的课题组开展了泥鳅方便食品与保健产品开发的相关研究,并对泥鳅加工业提出如下发展建议。

3.1 利用营养与风味优势,开发泥鳅系列方便食品

我国有着极为丰富的饮食文化,开发了诸如红烧泥鳅、干煸泥鳅、酱泥鳅、泥鳅钻豆腐、泥鳅汤等营养丰富、口味独特的泥鳅菜肴,拥有广大的消费群体。对于这一资源,一方面,可学习小龙虾的成功经验,通过建立以泥鳅为主题的连锁经营餐饮业进行推广;另一方面,将泥鳅菜肴的加工过程标准化,并结合速冻、膨化等现代食品加工工艺,开发成泥鳅系列方便食品。在工艺研究的基础上,提升泥鳅方便食品品质是进一步研究的重点。本课题组应用 GC-MS 等现代风味分析方法对泥鳅的呈味成分进行分析研究,利用现代分子生物学技术解决产品脱腥与提高风味品质,通过质构分析对泥鳅产品品质进行研究并进行改良,目前已取得了良好效果。同时,借鉴罗非鱼加工业的成功经验,对泥鳅加工中产生的下脚料进行综合利用,开发鱼油、骨粉等副产物。随着现代社会生活节奏的加快,泥鳅方便食品将会拥有广阔的市场前景,成为加工业的主体。

3.2 充分发掘泥鳅活性成分,开发泥鳅保健产品

泥鳅的保健功效被中、韩、日等国消费者广泛认可,拥有良好的市场基础。泥鳅活性成分的开发利用也是泥鳅精深加工研究的重要方向。目前,科研工作者已对泥鳅多糖、凝集素、抗菌肽、透明质酸等活性物质进行研究,为泥鳅保健产品的开发奠定了理论基础。泥鳅的蛋白质含量高,水解物中含有丰富的活性多肽,同时呈味

氨基酸显著。针对这一特点,对泥鳅蛋白质资源进行深度开发可作为下一步活性物质研究的重点。目前本课题组已在泥鳅降血压肽、抗氧化肽等活性多肽的相关研究中取得进展,并利用冷冻干燥、生物酶解、膜分离等现代技术对泥鳅活性物质进行提取纯化,开发冻干粉、口服液等保健产品。高附加值的泥鳅保健产品直接针对高端市场,量虽小,但可极大提升泥鳅的产品形象,与泥鳅方便食品相辅相成,构成泥鳅加工业的另一组成部分。

泥鳅产业经过前期的积累,已形成了一定的产业规模,初步完成产业集聚。在新的发展阶段,借鉴特色水产品的成功经验,加强精深加工相关的技术储备,依照市场规律发展加工业,将是泥鳅产业能否真正壮大的关键。

参 考 文 献

- 孔晓荣. 1998. 鳗鱼肌肉的氨基酸及营养价值. 氨基酸和生物资源, 17: 33~35
- 印 杰, 赵振山, 陈小奇, 李艳秋, 朱丽亚. 2005. 二倍体和四倍体泥鳅染色体组型比较. 水生生物学报, 29(4): 469~472
- 印 杰, 熊传喜, 李圣华, 张红云, 朱勇夫. 2008a. 四倍体和二倍体泥鳅及大鳞副泥鳅营养成分分析. 水生态学杂志, 1(2): 67~70
- 印 杰, 李圣华, 张红云, 王小燕, 梁红霞. 2008b. 四倍体泥鳅池塘健康养殖技术操作规范. 水利渔业, 28(1): 62~64
- 刘孝华. 2008. 泥鳅的生物学特性及养殖技术. 湖北农业科学, 47(1): 93~95
- 江苏省优势特色水产品区域布局规划(2008-2015年). http://www.jszf.gov.cn/art/2009/1/12/art_68_33638.html
- 李 燕, 印 杰. 2009. 即食珍珠泥鳅干的加工工艺. 科学养鱼, 9: 68~69
- 孙智华, 王建军, 侯喜林, 张照瑞. 2001. 泥鳅黏液中透明质酸的制备及其理化性质的研究. 药物生物技术, 8(1): 42~44
- 孙守旗, 唐复兴, 孙棠丽, 支立标, 王 伟. 2009. 泥鳅苗种扩繁技术. 水产养殖, 3: 25~27
- 陈 芳, 杨代勤, 方长琰, 罗静波. 1999. 月鳢和乌鳢肌肉营养成分的比较研究. 水产科学, 18(5): 6~8
- 陈晓平, 詹冬玲, 贾惠文, 商雪娇, 钱爱东. 2008. 抗菌肽 Magainin II 基因的克隆及其在 *E. coli* BLP 中的融合表达. 吉林农业大学学报, 30(6): 797~800
- 吴 萍, 何珠子, 魏育红, 陈立侨. 2007. 三倍体泥鳅幼鱼的营养分析. 水产学报, 31: 100~103
- 严安生, 熊传喜, 钱健旺, 汪小东. 1995. 鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值的研究. 华中农业大学学报, 14(1): 80~84
- 陆剑锋, 赖年悦, 成永旭. 2006. 淡水小龙虾资源的综合利用及其开发价值. 农产品加工学刊, 79(10): 47~52
- 沈 毅, 姚东瑞, 童 军. 2005. 江苏现代渔业实践的思考. 中国渔业经济, 6: 60~64
- 邹叶茂, 詹兴发. 2009. 泥鳅池塘专养高产技术研究. 现代农业科学, 16(4): 197~198
- 汤靓颖. 2009. 小龙虾产业发展研究. 现代农业科技, 22: 308~309
- 周 军, 张晨晓, 黄开勋. 2003. 泥鳅多糖对小鼠耐缺氧作用的研究. 中国药理学通报, 19(10): 1 182~1 184
- 钦传光, 黄开勋, 徐辉碧. 2001a. 泥鳅多糖对化学性肝损伤的保护作用. 中医药学报, 29(4): 31~33
- 钦传光, 黄开勋, 徐辉碧. 2001b. 泥鳅多糖抗炎作用的实验研究. 中国药理学通报, 17(6): 715~716
- 钦传光, 黄开勋, 徐辉碧. 2001c. 酶解泥鳅蛋白的毒理学评价(一). 食品科技, 5: 13~14
- 钦传光, 黄开勋, 徐辉碧. 2001d. 酶解泥鳅蛋白的毒理学评价(二). 食品科技, 6: 13~14
- 钦传光, 黄开勋, 徐辉碧. 2002a. 泥鳅多糖的免疫作用研究. 中国药学杂志, 37(8): 588~591
- 钦传光, 黄开勋, 徐辉碧. 2002b. 泥鳅多糖对实验性糖尿病小鼠血糖血脂的影响. 中国药理学与毒理学杂志, 16(2): 124~127
- 钦传光, 韩定献, 董先智, 黄开勋, 徐辉碧. 2002c. 泥鳅及其提取物中营养成分的研究. 食品科学, 23(2): 123~126
- 钦传光, 黄开勋, 徐辉碧. 2002d. 凝胶过滤色谱法测定泥鳅多糖的组成及分子量. 分析化学, 30(4): 411~413
- 赵振山, 高贵琴, 印 杰, 王勋伟, 陈文辉. 1999. 泥鳅和大鳞副泥鳅营养成分分析. 水利渔业, 19(2): 16~17
- 赵忠全, 陶志强. 2000. 泥鳅软包装加工工艺. 食品科学, 21(6): 66
- 祝新华. 2009. 江苏省赣榆县科学规划做大泥鳅产业. 渔业致富指南, 11: 3~4
- 姚东瑞. 2009. 江苏海洋渔业经济现状及产业发展探讨. 淮海工学院学报(社会科学版), 7(3): 60~62
- 高泽霞, 王卫民, 周小云. 2007. 2种鉴定泥鳅多倍体方法的比较. 华中农业大学学报, 26(4): 524~527
- 聂国兴, 傅艳茹, 张 浩, 魏新军. 2002. 乌鳢肌肉营养成分分析. 淡水渔业, 32(2): 46~47
- 唐云明. 1998. 泥鳅铁超氧化物歧化酶的纯化及其部分性质. 水生生物学报, 22(3): 288~290
- 顾利青, 王卫华. 2002. 中药泥鳅中氨基酸的分析. 中华临床医药, 3(15): 81
- 梁明山, 刘 煜, 曾 宇, 万海青. 1999. 泥鳅体表黏液超氧化物歧化酶的发现. 西南农业学报, 12(4): 120~122
- 黄 峰, 严安生, 熊传喜, 郑 锐, 张桂蓉. 1999. 黄颡鱼的含肉率及鱼肉营养评价. 淡水渔业, 29(10): 3~6
- 黄明祥. 2009. 浅谈中国小龙虾产业. 内陆水产, 11: 33~35
- 游丽君, 赵谋明, 崔 春, 任娇艳. 2006. 酶解泥鳅蛋白制备小分子肽的工艺研究. 食品与发酵工业, 32(9): 164~167

- 游丽君, 崔春, 赵谋明, 孙为正. 2008. 不同酶水解泥鳅蛋白的特性研究. 四川大学学报(工程科学版), 40(1): 74~80
- 游丽君, 赵谋明, Regenstein Joe, 任娇艳, 阮微媚. 2009. 加工和贮藏条件对泥鳅多肽抗氧化活性的影响. 江苏大学学报(自然科学版), 30(6): 549~553
- 盘赛昆, 顾小红, 汤坚, 周君晖. 2009a. 鲤鱼肉酶解物清除羟自由基的研究. 食品研究与开发, 30(9): 23~27
- 盘赛昆, 顾小红, 汤坚, 贾晴晴. 2009b. 鲮鱼肉酶解物清除羟自由基的研究. 食品与机械, 25(4): 64~67
- 盘赛昆, 汤坚, 顾小红, 杨超. 2009c. 鲮鳢凝集素的分离纯化及理化性质的研究. 水产科学, 28(12): 745~751
- 舒妙安, 马有智, 张建成. 2000. 黄鲢肌肉营养成分的分析. 水产学报, 24(4): 339~344
- 鲍丹, 陶宁萍, 丁卓平. 2006. 高体革鲂、鲈和鳊的营养成分分析比较. 上海水产大学学报, 15(1): 123~127
- 楼明, 朱昉. 1999. 香酥泥鳅加工工艺研究. 水产科学, 18(4): 17~20
- 蔡焰值. 1998. 斑点叉尾鲷营养成分分析. 水产科技, (3): 24~26
- 谭德清, 王剑伟, 但胜国. 2004. 黑尾红近鮠含肉率及肌肉营养成分分析. 水生生物学报, 28(3): 240~246
- 裴颖, 陈晓平. 2009. 泥鳅抗菌肽的制备及其抑菌效果的研究. 现代农业科技, 24: 296~297
- Almajano, M. P., Delgado, M. E., and Gordon, M. H. 2007. Changes in the antioxidant properties of protein solutions in the presence of epigallocatechin gallate. Food Chemistry, 101(1): 126~130
- Arai, K., Matsubara, K., and Suzuki, R. 1993. Production of polyploids and viable gynogens using spontaneously occurring tetraploid loach, *Misgurnus anguillicaudatus*. Aquaculture, 117(3-4): 227~235
- Bulet, P., Stockin, R., and Menin, L. 2004. Anti-microbial peptides from nvertebrates to vertebrates. Immunol. Rev. 198(1): 169~184
- Dong, X. Z., Xu, H. B., Huang, K. X., Liou, Q., and Zhou, J.. 2002. The preparation and characterization of an antimicrobial polypeptide from the loach, *Misgurnus anguillicaudatus*. Protein Expression and Purification, 26(2): 235~242
- Goto-Nance, R., and Watanabe, Y. 1995. Characterization of lectins from the skin mucus of the loach, *Misgurnus anguillicaudatus*. Fisheries Science, 61(1): 137~140
- Kim, Y. C., Late, S., Banga, A. K., Ludovice, P. J., and Prausnitz, M. R. 2008. Biochemical enhancement of transdermal delivery with magainin peptide: modification of electrostatic interactions by changing pH. Int. J. Pharm. 362(1-2): 20~28
- Kwak, H. B., Lee, S. W., Lee, D. G., Hahm, K. S., Kim, K. K., Kim, H. H., and Lee, Z. H. 2003. A hybrid peptide derived from cecropin-A and magainin-2 inhibits osteoclast differentiation. Life Sciences, 73(8): 993~1005
- Lehmann, J., Retz, M., Sidhu, S. S., Suttman, H., Sell, M., Paulsen, F., Harder, J., Unteregger, G., and Stöckle, M.. 2006. Antitumor activity of the antimicrobial peptide magainin II against bladder cancer cell lines. Eur. Urol. 50(1): 141~147
- Lorenzini, D. M., Fukuzawa, A. H., da Silva Jr P. I., Machado-Santelli, G., Bijovsky, A. T., and Daffre, S. 2003. Molecular cloning, expression analysis and cellular localization of gomesin, an anti-microbial peptide from hemocytes of the spider *Acanthoscurria gomesiana*. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 33(10): 1011~1016
- Mendis, E., Rajapakse, N., and Kim, S. K. 2005. Antioxidant properties of a radical-scavenging peptide purified from enzymatically prepared fish skin gelatin hydrolysate. J. Agr. Food Chem. 53(3): 581~587
- Pan, S. K., Tang, J., and Gu, X. H. 2010. Isolation and characterization of a novel fucose-binding lectin from the gill of bighead carp (*Aristichthys nobilis*). Vet. Immunol. Immunopathol. 133(2): 154~164
- Park, C. B., Lee, J. H., Park, I. Y., Kim, M. S., and Kim, S. C. 1997. A novel antimicrobial peptide from the loach, *Misgurnus anguillicaudatus*. FEBS Lett. 411(2): 173~178
- Qin, C. G., Ding, Y., Huang, K. X., and Xu, H. B. 2008. Protective effect of *Misgurnus anguillicaudatus* polysaccharide on immunological liver injury in mice. Int. Immunopharmacol. 8(5): 607~612
- Qin, C. G., Zhou, J., Zhao, W., and Xu, H. B. 2001. Effects of the loach polysaccharide on removal of reactive oxygen species and protection of DNA chains. Acta Biochim Biophys Sin, 33(2): 215~218
- Raj, P. A., and Dentino, A. R. 2002. Current status of defensins and their role in innate and adaptive immunity. FEMS Microbiology Lett. 20(1): 9~18
- Tong, L. M., Sasaki, S., and McClements, D. J. 2000. Mechanisms of the antioxidant activity of a high molecular weight fraction of whey. J. Agr. Food Chem. 48(5): 1473~1478
- Tsai, J. C. 1996. Characterization of the pattern of cytokeratin proteins in the epidermal cells of loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (Cypriniformes). Fish Physiol. Biochem. 15(4): 307~316
- You, L. J., Zhao, M. M., Cui, C., Zhao, H. F., and Yang, B. 2009. Effect of degree of hydrolysis on the antioxidant activity of loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) protein hydrolysates. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 10(2): 235~240