

生物技术在水产品养殖、加工和保鲜中的应用

金火喜, 张治国*, 郜海燕

浙江省农业科学研究院食品科学研究所, 浙江省果蔬保鲜与加工技术研究重点实验室, 杭州 310021

摘要: 生物技术特别是酶技术已广泛应用于水产品的开发中。本文从水产品养殖、加工和保鲜三个方面综述了生物技术的应用现状。在水产养殖方面, 生物技术主要用于饲料生产和水质控制方面; 在水产品加工方面, 可在水产品的组织降解、去异味、蛋白和功能成分生产及制备风味调味品上有所应用; 在水产品保鲜方面, 已开发出多种酶保鲜技术。生物技术的应用将使水产品养殖、加工及保鲜等行业发展更为迅猛。

关键词: 生物技术; 水产品; 加工; 保鲜

DOI: 10.3969/j.issn.2095-2341.2013.06.02

Application of Biotechnology in the Culturing, Processing and Preservation of Aquatic Products

JIN Huo-xi, ZHANG Zhi-guo*, GAO Hai-yan

Institute of Food Science, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences; Key Laboratory of Fruits and Vegetables Postharvest and Processing Technology Research of Zhejiang Province, Hangzhou 310021, China

Abstract: Biotechnology, especially enzyme engineering technology, has been widely used in the development of aquatic products. This paper reviews on applications of biotechnology in aquaculture, processing and preservation. In aquaculture, biotechnology is mainly used for feed production and water quality control; in aquatic products processing, biotechnology is applied for tissue degradation in aquatic products, odor removal, protein and functional ingredients production and preparation of flavor seasonings; in seafood preservation, a variety of enzymes preservation technology have been developed. The application of biotechnology will enable aquaculture, processing and preservation industries to develop more fast.

Key words: biotechnology; aquatic products; processing; preservation

生物技术是以现代生命科学为基础, 结合其他基础科学的科学原理, 采用先进的科学技术, 按照预先的设计改造生物体或加工生物原料, 以提供产品为人类社会服务的技术。生物技术包括发酵工程、酶工程、细胞工程、基因工程和蛋白质工程技术等, 其中发酵工程技术、酶工程技术等与人类生活息息相关, 被广泛应用于工业、农业、环境和医药等众多行业之中。

水产品是海洋和淡水渔业生产的动植物及其加工产品的统称。水产品种类繁多, 因其口味鲜美, 富含活性肽、牛磺酸和不饱和脂肪酸等多种高营养价值物质而备受消费者青睐。水产业是我国

最早进行市场化改革的领域。过去十年, 中国水产品总产量持续快速增长, 中国水产品出口已经跃居世界首位, 约占世界水产品贸易总额的10%。但随着水产品资源的日益枯竭和人们生活品质的提高, 传统的水产品养殖和加工技术已面临着巨大的挑战。将先进的新技术应用到水产品的养殖、加工及保鲜过程中就显得越来越重要。加大养殖密度、将低值水产品加工成高附加值产品、延长保鲜期限等都能明显增加经济效益。将现代生物技术应用到水产品中能解决这一系列问题, 为水产品加工业开辟新的途径。

收稿日期: 2013-10-11; 接受日期: 2013-11-08

基金项目: 浙江省公益技术研究项目(2013C32051); 杭州市科技发展计划项目(20110232B69)资助。

作者简介: 金火喜, 博士研究生, 研究方向为水产品加工。* 通信作者: 张治国, 博士, 主要从事水产加工及食品生物活性物质开发研究。Tel: 0571-86419071; E-mail: zhangkii@126.com

1 生物技术在水产品养殖中的应用

1.1 生产水产品养殖饲料

随着生物技术的发展,水产品养殖饲料得到了极大的丰富和扩展。利用生物技术生产的饲料或饲料添加剂,对促进养殖产品的生产性能,提高养殖产品的健康水平有重要作用。利用特选的微生物菌种,对不同的原料进行发酵制备的生物饲料来替代常规饲料,能促进鱼类的生长,提高鱼体的生长速度,降低饲料的饵料系数,从而降低养殖成本。在鳊鱼等高值水产品的养殖过程中,常用的饲料都是以价格昂贵的白鱼粉作为主要蛋白源。潘雷等^[1]以植物蛋白为基础,经以芽胞杆菌为主的多种微生物发酵而成的酶解蛋白粉替代鳊鱼饲料中的部分白鱼粉,发现对鳊鱼的生长速度和成活率没有不良影响,且有一定的促生长效果。用此酶解蛋白粉替代白鱼粉,既降低了生产成本,还提高了产品质量。

1.2 水产养殖水质调控

微生物制剂是从天然环境中筛选出来的微生物菌体,经培养繁殖后可制成含有大量有益菌的活菌制剂。微生物制剂能有效控制和改善养殖水体生态环境的水质,维持生态平衡,提高水产动物的免疫能力,抑制病原菌的繁殖,从而减少疾病的发生,提高养殖产品的成活率。目前在水产品养殖中应用广泛的有益微生物群种类很多,主要包括光合细菌、芽胞杆菌、乳酸菌和酵母菌等。温世喜等^[2]通过在水产养殖池塘中加入微生物制剂,降低了养殖鱼类发生病害的几率,鱼的成活率高,进而由于水质好,吃食旺盛,产量也高,增产增效效果明显。微生物制剂应用于泥鳅的高密度养殖中也取得非常显著的效果,能促进泥鳅快速生长,提高泥鳅的养殖密度^[3]。

2 生物技术在水产品加工中的应用

2.1 水产品的组织降解

在水产品加工中,常规的机械法去皮、脱鳞和脱卵膜等加工过程非常费时,有时还会对水产品的肌肉组织和营养成分造成损害。生物技术,特别是酶技术用于去皮、脱鳞、脱卵膜中,其反应温和,不需使用强机械力和强酸强碱,可以更好地保

存水产组织的原有性状。

海洋水产品如贝类、鱼类等都可以用酶法替代传统的机械法和化学法脱除皮等不需要的组织,从而减少对肌肉组织的伤害,提高产品收率。用于水产品去皮的酶主要包括蛋白质水解酶、糖苷酶和脂肪水解酶等。Gildberg 等^[4]研究发现,利用鱼消化道酶在 pH 4.0 条件下能够很好地去除毛鳞鱼皮。利用来源于鲑鱼内脏的鲑鱼肝酶可用来脱除鲑鱼皮,方法简单,成本低,且保持了鲑鱼肌肉原有的性状^[5]。

鱼制品加工中,去鳞是一个非常费时的过程,且存在去鳞不完全、肌肉组织受损等问题。挪威学者通过酶液浸泡鱼体,使鱼鳞与外表皮连接松弛,然后用水即可冲去鳞片^[6]。利用该工艺每小时可加工 1 300 kg 黑线鳕,而处理 1 t 黑线鳕只需要 60 g 鳞酶。此项工艺不仅可以降低劳动强度,而且也降低了成本,具备良好的应用前景。

2.2 水产品脱腥、脱苦、去异味

水产品腥味的成分较复杂,有胺类、挥发性酸、烯醛等十多类物质,这些腥气特征化合物的前体物质主要是碱性氨基酸^[7]。脱除腥味的办法有很多,包括物理法、化学法和生物法,其中生物法是指利用微生物或酶催化腥味物质代谢转变成无腥味无害的物质,从而达到去除腥味的效果。相比于物理法,生物法去腥更彻底,且不会对肌肉组织造成损害;相比于化学法则无需添加额外的化学物质,产品更安全。陈奇等^[8]比较了液体烟熏料腌制脱腥法、紫苏混合液腌制脱腥法、粉末活性炭脱腥法、有机红茶脱腥法和酵母发酵脱腥法对淡水鲢鱼和干海鱼仔的脱腥效果,结果发现酵母发酵对海鱼仔脱腥效果最理想。金晶等^[9]采用发酵法对淡水鱼鱼糜进行脱腥,发现脱腥效果显著,由此加工制成的鱼糜制品经鉴定品质良好。

很多蛋白质在水解之后会形成由疏水性氨基酸组成的苦味肽,从而呈现出苦味。苦味的强弱与水解率、蛋白酶种类有关。使用脲酶可以降解鲨鱼等鱼肉中大量存在的尿素,从而祛除异味^[10]。利用风味蛋白酶对鳕鱼蛋白水解产物进行脱苦,在水解温度 55℃、酶的添加量 3%、pH 5.5 条件下,能获得苦味低和鲜味高的脱苦产物^[11]。

2.3 生产水产品蛋白和功能性食品成分

随着科技和社会的进步,人们生活水平不断

提高,低值水产品直接食用的价值越来越低,人们更趋向于食用水溶性好、低脂、高蛋白的水产品水解蛋白。故应用生物技术,特别是酶技术生产各种浓缩水解蛋白是水产品综合利用的一条新途径,具有广阔的市场前景。王长云等^[12]采用蛋白酶水解法从鳕鱼加工废弃物鳕鱼碎肉中提取制备的水解蛋白粉无苦味,有海鲜味,是优良的蛋白质制品。袁晓晴等^[13]则用碱性蛋白酶水解鳙鱼鱼肉蛋白,获得了高回收率的水解蛋白,其酶解物的氨基酸组成与鳙鱼鱼肉蛋白的氨基酸组成差别不大,很好地保持了鱼肉蛋白的特定氨基酸成分。用蛋白酶水解鲑鱼头、皮、鳍后制得的鲑鱼蛋白粉含有丰富的牛磺酸、维生素和锌等成分,可直接食用,也可作为强化食品的原料^[14]。

利用酶技术生产生物活性物质或功能性食品成分是水产品加工中又一重要部分。Je 等^[15]用鲑鱼肠道酶水解青鳕鱼片加工废弃物,经过分离纯化后可获得抗氧化肽。抗氧化肽对羟基自由基有很好的清除能力,具有延长食品保质期和延缓衰老的功效。林丽云等^[16]采用木瓜蛋白酶水解制备波纹巴非蛤活性肽复合物,同样具有较强的抗氧化活性。 ω -3 不饱和脂肪酸,尤其是 EPA 和 DHA,不仅是人体必需的营养成分,而且在防治心血管疾病、抗癌、抗炎症和健脑等方面也有功效。利用各种专一性强的脂肪水解酶处理水产品,可以起到富集 EPA 和 DHA 的作用。例如,利用专一性解脂假丝酵母脂肪酶对鱼油进行处理,可以使 EPA 和 DHA 的含量由原来的 30% 左右富集到 47.9% 左右^[17]。用 1,3 位专一性脂酶,水解沙丁鱼油,可使得其 EPA 和 DHA 含量由原来的 29% 提高到 44.5%^[18]。

2.4 制备海鲜风味调味品

随着时代的发展,人们对生活品质的要求越来越高,传统的调味品已满足不了人们的要求。海鲜风味调味品,不仅含有氨基酸、有机酸等呈味成分,还含有牛磺酸、活性肽和不饱和脂肪酸等营养成分,既鲜美又营养,越来越受到人们的喜爱。与传统强酸强碱分解法相比,应用蛋白酶酶解各种水产品获得海鲜风味调味品的方法既高效又温和,对营养成分破坏性小。选择碱性蛋白酶和中性蛋白酶对青鳞鱼下脚料进行酶解,经适当调配可制得风味浓郁的鱼露^[19]。以虾皮为主要原料,经米曲霉发酵可生产调味虾酱,其氨基酸含

量高,酱色鲜艳,口感好,酱香味和虾鲜味浓郁^[20]。Imm 等^[21]应用复合风味蛋白酶对红海鳕鱼肉进行酶解,酶解产物中包括谷氨酸、精氨酸等风味氨基酸的含量是未经酶解鱼肉中的 6~9 倍。

3 生物技术在水产品保鲜中的应用

水产品因肉质鲜美,风味独特,且富含不饱和氨基酸、活性肽和牛磺酸等营养保健成分而备受消费者青睐。水产品的鲜度是其主要品质指标,是决定其价格的主要因素,再加上水产品本身容易腐烂变质,故水产品的保鲜是水产品开发过程中非常重要的一个环节,直接影响着其经济效益。目前,应用于水产品的保鲜技术主要有低温保鲜、化学保鲜、气体保鲜、辐射保鲜和生物保鲜等。生物保鲜是近几十年来食品保鲜领域的新技术,引起了人们极大的关注,具有广阔的应用前景。生物保鲜主要包括微生物保鲜和酶法保鲜,主要涉及乳酸菌和假单胞菌等微生物种类,及溶菌酶、葡萄糖氧化酶、谷氨酰胺转氨酶和脂肪酶等酶类。

乳酸菌产生的乳酸菌素是一种高效、无毒的生物保鲜剂,能抑制许多引起食品腐败变质的细菌的生长和繁殖。另外,乳酸菌的代谢产物如乳酸、脂肪酸等可降低食物的 pH,也可以抑制许多微生物的生长。用乳酸菌素处理虾肉糜后,细菌的生长繁殖得到有效抑制,保质期由 2 d 延长至 5~6 d,且对虾肉糜的感官品质无明显影响^[22]。然而,乳酸菌素一般只能抑制革兰氏阳性菌的生长,对革兰氏阴性菌的抑制效果不理想。因此,为了起到全面的抑菌效果,乳酸菌一般配合 EDTA 或柠檬酸盐等螯合剂使用,对水产品进行协同保鲜。

溶菌酶是一类多糖水解酶,能水解细菌细胞壁肽聚糖的 β -1, 4 糖苷键,导致细菌自溶死亡,对没有细胞壁的人体细胞无不利影响。溶菌酶广泛存于鸟类、家禽的蛋清和哺乳动物的眼泪、唾液、血液、鼻涕、尿液、乳汁及组织细胞中。溶菌酶对多种微生物有很好的抑菌甚至致死作用,且对人体无害,故在食品保藏中得到广泛的应用。利用溶菌酶对食品,包括水产品进行保鲜,只需在食品上面直接喷洒一定浓度的溶菌酶溶液即可起到

防腐保鲜作用。Hikima 等^[23]研究发现,来源于日本囊对虾的溶菌酶对多种弧菌及鱼类病原菌具有有效的杀菌作用。蓝蔚青等^[24]用溶菌酶保鲜液浸泡带鱼,然后置于 4℃ 下贮藏,结果发现其贮藏时间、感官品质、微生物指标等均明显优于未经溶菌酶液处理的对照组。为了得到更好的保鲜效果,往往将溶菌酶与其他酶类或者保鲜技术联合使用。如利用溶菌酶联合 EDTA 对新鲜鳕鱼片进行浸渍保鲜,可有效抑制李斯特菌和其他腐败菌的生长繁殖,延长保鲜期^[25]。联合溶菌酶与乳酸菌素对蛭肉进行处理,保鲜效果更好,冷藏保鲜期明显延长^[26]。

葡萄糖氧化酶能在有氧条件下将葡萄糖氧化成葡萄糖酸,不仅能除氧,防止水产品的氧化变质,还能降低水产品表面的 pH,抑制细菌的生长,故其被广泛应用于水产品保鲜中。利用葡萄糖氧化酶对虾类进行防褐变保鲜处理,相比于常用抗氧化剂和防腐剂,虾在长时间的冷藏(4℃、120 h)和冷冻(-18℃、12 个月)后具有更高的鲜度^[27]。

其他应用于水产品保鲜中的酶主要有谷氨酰胺转氨酶和脂肪酶等。利用谷氨酰胺转氨酶处理鱼肉蛋白后,会生成可食性的薄膜,可直接用于水产品的保藏^[28]。赵前程等^[29]以果胶为原料,通过酶解法制备出果胶酶解物,并用于鲜活大菱鲆鱼肉的保鲜的研究,结果发现果胶降解物具有明显的保鲜效果。

4 展望

生物技术在水产品养殖、加工和保鲜中应用越来越普遍,尤其是随着人们生活水平的提高,普通低值水产品已不能满足人们的需求,充分利用一些低价值水产品来生产高附加值的产品显得日益重要。利用生物技术可以弥补传统水产品养殖、加工及保鲜技术的缺陷,既提高了生产率,降低了成本,又更好地保留了其营养成分,提高了营养价值。

应用于水产品加工、保鲜等过程中最重要,也最普遍的生物技术是酶工程技术。通过酶工程技术可以将原本低价值的水产品转变成高附加值的产品,显著提高了产品的经济效益。然而,水产品工业中酶的选择取决于其成本、来源、反应条件、稳定性和对酶抑制剂或激活剂的敏感性等因素。

大多数酶稳定性差、对环境敏感,且来源受限,限制了其在水产品开发上的应用前景。未来通过基因工程等技术改善酶的性质和提高酶的产量将是酶开发的主要方向。相信随着科技和社会的进步,生物技术在水产品开发中的应用将越来越广泛。

参 考 文 献

- [1] 潘雷,莫介化,黄永强,等. 酶解蛋白粉替代部分白鱼粉对池养鳊鱼生长的影响[J]. 科学养鱼, 2004, (9): 58-59.
- [2] 温世喜,李治荣,霍长江. 利用 EM 菌提高陕北高寒地区水产养殖池塘生产力的试验研究[J]. 陕西水利, 2011, (3): 115-116.
- [3] 邹叶茂,蒋火金. 微生态制剂在泥鳅高密度养殖中的应用[J]. 中国水产, 2011, (11): 54-55.
- [4] Gildberg A, Raa J. Solubility and enzymatic solubilization of muscle and skin of capelin (*Mallotus villosus*) at different pH and temperature[J]. Comp. Bio. Chem. Phys., 1979, 63(3): 309-314.
- [5] 董士远,刘尊英,曾名湧. 水生动物酶在水产品加工应用中的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(10): 111-114.
- [6] 清水. 挪威利用酶去除鱼鳞[J]. 中国渔业经济研究, 1994, (6): 38.
- [7] 吴海燕,杨磊,李思东,等. 生物催化风味在水产品加工中的应用[J]. 广东化工, 2010, 37(7): 66-67.
- [8] 陈奇,黄寿恩. 鱼制品脱腥工艺的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(6): 163-167.
- [9] 金晶,周坚. 淡水鱼鱼糜脱腥技术的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(7): 141-145.
- [10] 王博,熊皓平,黄和,等. 酶在水产品加工中的应用[J]. 中国食物与营养, 2010, (7): 36-39.
- [11] 李铁晶,陈智斌,赵新淮. 鳕鱼蛋白水解液的风味改良[J]. 农机化研究, 2005, (5): 193-194.
- [12] 王长云,林洪,周东,等. 从鳕鱼碎肉中提取水解蛋白[J]. 海洋湖沼通报, 1995, (4): 33-39.
- [13] 袁晓晴,戴志远,叶倩. 响应面法优化鳕鱼鱼肉蛋白的酶解工艺[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(21): 11499-11502.
- [14] 李咏梅. 水产品加工蛋白酶的应用研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2011, 32(7): 89-90.
- [15] Je J Y, Park P J, Kim S K. Antioxidant activity of a peptide isolated from Alaska Pollack (*Theragra chalcogramma*) frame protein hydrolysate[J]. Food. Res. Int., 2005, 38(1): 45-50.
- [16] 林丽云,孙恢礼,肖婉娜,等. 波纹巴非蛤活性肽的酶法提取及其抗氧化性研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(20): 10901-10902.
- [17] 石红旗,缪锦来,李光友,等. 脂肪酶催化水解法浓缩鱼油 DHA 甘油酯的研究[J]. 中国海洋药物, 2001, (4): 15-21.
- [18] Adachi S, Okumura K, Ota Y, et al.. Acidolysis of sardine oil by lipase to concentrate eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in glycerides[J]. J. Ferment. Bioeng., 1993, 75(4): 259-264.

(下转 398 页)

- with UV-C treatment on postharvest diseases of pear fruit [J]. BioControl, 2012, 57(3): 451-461.
- [24] Alvindia D G, Acda M A. An integrated approach with *Trichoderma harzianum* DGA01 and hot water treatment on control of crown rot disease and retention of overall quality in banana [J]. Biocontrol Sci. Technol., 2012, 22(9): 1021-1033.
- [25] Cao S F, Zheng Y H, Wang K T, *et al.*. Effect of yeast antagonist in combination with methyl jasmonate treatment on postharvest anthracnose rot of loquat fruit [J]. Biol. Control, 2009, 50(1): 73-77.
- [26] Cao S F, Yang Z F, Hu Z C, *et al.*. The effects of the combination of *Pichia membranefaciens* and BTH on controlling of blue mould decay caused by *Penicillium expansum* in peach fruit [J]. Food Chem., 2011, 124(3): 991-996.
- [27] Liu J, Wisniewski M, Droby S, *et al.*. Glycine betaine improves oxidative stress tolerance and biocontrol efficacy of the antagonistic yeast *Cystofilobasidium infirmominatum* [J]. Int. J. Food Microbiol., 2011, 146(1): 76-83.
- [28] Fan Q, Tian S P. Postharvest biological control of grey mold and blue mold on apple by *Cryptococcus albidus* (Saito) Skinner [J]. Postharv. Biol. Technol., 2001, 21(3): 341-350.
- [29] Saravanakumar D, Ciavarella A, Spadaro D, *et al.*. *Metschnikowia pulcherrima* strain MACH1 outcompetes *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Penicillium expansum* in apples through iron depletion [J]. Postharv. Biol. Technol., 2008, 49(1): 121-128.
- [30] Castoria R, De Curtis F, Lima G, *et al.*. *Aureobasidium pullulans* (LS-30) an antagonist of postharvest pathogens of fruits: study on its modes of action [J]. Postharv. Biol. Technol., 2001, 22(1): 7-17.
- [31] Wan Y K, Tian S P. Antagonistical mode of *Pichia membranefaciens* to *Rhizopus stolonifer* in wounds of peach fruit [J]. Acta Bot. Sin., 2002, 44(11): 1384-1386.
- [32] Ippolito A, El Ghaouth A, Wilson C L, *et al.*. Control of postharvest decay of apple fruit by *Aureobasidium pullulans* and induction of defense responses [J]. Postharv. Biol. Technol., 2000, 19(3): 265-272.
- [33] Wang X L, Xu F, Wang J, *et al.*. *Bacillus cereus* AR156 induces resistance against *Rhizopus* rot through priming of defense responses in peach fruit [J]. Food Chem., 2013, 136(2): 400-406.
- [34] Wang X L, Wang J, Jin P, *et al.*. Investigating the efficacy of *Bacillus subtilis* SM21 on controlling *Rhizopus* rot in peach fruit [J]. Int. J. Food Microbiol., 2013, 164(2-3): 141-147.
- [35] Jiang F, Zheng X D, Chen J S. Microarray analysis of gene expression profile induced by the biocontrol yeast *Cryptococcus laurentii* in cherry tomato fruit [J]. Gene, 2009, 430: 12-16.
- [36] Janisiewicz W, Yourman L, Roitman J, *et al.*. Postharvest control of blue mold and gray mold of apples and pears by dip treatment with pyrrolnitrin, a metabolite of *Pseudomonas cepacia* [J]. Plant Dis., 1991, 75(5): 490-494.
- [37] Bull C T, Wadsworth M L, Sorensen K N, *et al.*. Syringomycin E produced by biological control agents controls green mold on lemons [J]. Biol. Control, 1998, 12(2): 89-95.

(上接 392 页)

- [19] 邓尚贵,彭志英,杨萍,等.多酶法在鱼露生产工艺中的应用[J].食品与发酵工业,2002,22(2):32-35.
- [20] 杜云建,唐喜国,陈鸣.发酵调味虾酱的研究[J].中国酿造,2006,(10):68-70.
- [21] Imm J Y, Lee C M. Production of seafood flavor from red hake (*Urophycis*) by enzymatic hydrolysis[J]. J. Agric. Food. Chem., 1999, 47: 2360-2366.
- [22] 罗水忠,潘利华.乳酸链球菌素用于虾肉糜保鲜的研究[J].肉类研究,2004,(2):23-24.
- [23] Hikima S, Hikima J, Rojtinakorn J, *et al.*. Characterization and function of kuruma shrimp lysozyme possessing lytic activity against *Vibrio* species [J]. Gene, 2003, 316: 187-195.
- [24] 蓝蔚青,谢晶.溶菌酶对带鱼冷藏保鲜效果的影响[J].湖南农业科学,2010,17:114-117.
- [25] Wang C, Shelef L A. Behavior of listeria monocytogenes and the spoilage microflora in fresh cod fish treated with lysozyme and EDTA[J]. Food. Microbiol., 1992, 9(3): 207-213.
- [26] 舒留泉,薛长湖,邱春江.溶菌酶与 Nisin 生物保鲜剂对缢蛏保鲜效果的研究[J].食品科技,2003,11:35-37.
- [27] 马清河,胡常英,刘丽娜,等.葡萄糖氧化酶用于对虾保鲜的实验研究[J].贮藏保鲜,2005,26(6):159-164.
- [28] Venugopal V. Underutilized fish meat as a source of edible films and coatings for the muscle food industry[J]. Outlook. Agr., 1998, 27(1):57-59.
- [29] 赵前程,王丹,谢智芬,等.果胶酶解物对大菱鲆鱼肉保鲜效果的研究[J].食品科技,2008,(3):243-245.