

渔用麻醉剂 MS-222、丁香酚在鲜活水产品运输中的应用及检测方法研究进展

苏明明¹, 孙兴权¹, 杨春光¹, 彭心婷², 刘慧颖¹, 曹际娟^{1*}

(1. 辽宁出入境检验检疫局, 大连 116001; 2. 塔城出入境检验检疫局, 塔城 834700)

摘要: 海产品味道鲜美, 营养丰富, 深受人们喜爱。海产品的新鲜程度直接影响着它的口感和价值, 所以对海产品的保鲜及运输过程提出了很高的要求。现已有多种方法运输鲜活海产品, 如充氧保活, 麻醉保活, 冰温无水保活等。充氧保活、冰温无水保活的方法成本较高, 保活时间较短, 不适合长途运输; 而丁香酚和间氨基苯甲酸酯甲烷磺酸盐(MS-222)的低毒及其保鲜时间长等特性, 被多个国家广泛使用。本文综述了渔用麻醉剂 MS-222、丁香酚在水产品运输中的应用及检测方法, 探讨了渔用麻醉剂存在的问题和发展前景, 希望能为我国渔用麻醉剂的管理提供基础信息。

关键词: 渔用麻醉剂; MS-222; 丁香酚; 鲜活水产品

Progress of the research and application of fish anesthetics MS-222 and eugenol in fresh seafoods transportation

SU Ming-Ming¹, SUN Xing-Quan¹, YANG Chun-Guang¹, PENG Xin-Ting²,
LIU Hui-Ying¹, CAO Ji-Juan^{1*}

(1. Liaoning Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Dalian 116001 China;
2. Tacheng Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Tacheng 834700 China)

ABSTRACT: Seafoods are loved by the people deeply because they are delicious and nutritious. The taste and nutritional value of seafoods is affected directly by their freshness, so the preservation and transportation of seafoods is put on a very high demand. People have tried many ways to keep the transporting seafoods alive, such as by oxygenation, anesthesia, dryice, etc. Oxygenation and dryice methods cost high, and are not suitable for long-distance transportation because they can only keep alive for a short time. Eugenol and MS-222 are widely used in many countries because their low toxicity and long time preservation. This paper reviewed the application and detection methods of MS-222 and eugenol in aquatic transportation, and discussed the problems and prospects for fishing anesthetics, in order to provide some information for the fishing anesthetic management.

KEY WORDS: fish anesthetics; MS-222; eugenol; fresh seafood

基金项目: 质检公益性行业科研专项(201310141)

Fund: Supported by the Scientific Research Projects by Quality Inspection Service Industry (201310141)

*通讯作者: 曹际娟, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: cjj0909@163.com

*Corresponding author: CAO Ji-Juan, Professor, Technical Center of Liaoning Entry-Exit Inspection & Quarantine Bureau, No.60, Changjiang East Road, Zhongshan District, Dalian 116001, China. E-mail: cjj0909@163.com

1 引言

水产品不仅味美,而且蛋白含量丰富,脂肪含量少,营养价值极高,是人们餐桌上必不可少的美味。随着人们生活水平的日益提高,对于水产品的需求,已经不只停留在关注样品的种类上,同时对水产品的质量和鲜活度也提出了更高的要求,促使人们越来越关注水产品的运输过程及其对水产品品质的影响^[1]。对于商人来讲,越是鲜活质量好的水产品越能获得更高的利润。在水产品的长途运输过程中,水产品应激反应会引起肉质的损伤^[2,3],甚至导致水产品死亡,死亡后的水产品从价值到口感都大打折扣。但是,鲜活水产品的储运一直是一个难题,虽然保活运输在国内已经有了先例^[4,5],但是具体研究比较少。水产品保活的目的是为了水产动物在运输前后不死亡或者减少死亡。保活的主要措施是创造鲜活水产品的生存环境,或者通过一系列物理或者化学措施来降低其新陈代谢活动,从而延长其存活时间,提高水产品的价值。麻醉剂因有镇静作用就应用到了水产品的保活运输中^[6]。在运输过程中合理使用渔用麻醉剂,能够降低水产品的代谢,减少损伤^[7],从而提高了水产品运输过程中的成活率,因此麻醉剂在水产品运输过程中的应用也越来越广泛。

渔用麻醉剂的作用方式为:首先抑制脑皮层,用于基底神经节和小脑,最后是脊髓^[8,9]。用于水产品的麻醉剂种类很多,有间氨基苯甲酸乙酯甲磺酸盐(MS-222)^[10,11]、丁香酚^[12-16]、喹那啶等近30多种^[17]。仅有少量的麻醉剂被发达国家允许合法使用,其中MS-222,丁香酚及其代谢物,CO₂^[18,19],2-苯氧乙醇是目前常被使用的麻醉剂,但是在鱼体试验中:CO₂麻醉时间和复苏时间相对较长,麻醉水溶液的CO₂含量范围很窄^[20],最终的麻醉剂量很难控制,甚至只对部分鱼有麻醉作用^[21],因而应用范围受到限制。另外,CO₂水溶液具有酸性,为了减少对鱼体的伤害,需用NaHCO₃进行缓冲;2-苯氧乙醇对操作者有影响^[22-28],可能引起神经综合征,在低水温下溶解速度慢,使用剂量高^[29],药物持续时间长,复苏后3d之内药物仍起作用,且反复麻醉使鱼体具有耐受性^[30],不能阻断肌肉反射,在麻醉运输过程中,不能降低耗氧率^[31]。由以上种种情况决定了MS-222、丁香酚更受到使用者的青睐。目前美国允许MS-222在水产品中^[32],澳大利亚允许异丁香酚在水产品中^[33],日本仅允许丁香酚在水产品中^[34],挪威允许苯唑卡因在水产品中^[35]。选择适宜的麻醉剂质量浓度至关重要,浓度太低,麻醉效果不明显,无法减少由于水产品的应激反应而带来的损伤;用量过高,增大了水产品的损伤。2010年11月厦门首次查获一起用临床牙科麻醉剂丁香酚麻醉活鱼以求提高存活率的案件,因为我国相关法规和信息的缺乏,引发了消费者对我国渔用麻醉剂的担忧和恐慌^[49]。为此,本文将综述两类渔用类麻醉

的毒理学特性和麻醉剂的检测方法,以期为我国渔用麻醉剂的使用和管理提供一些信息和借鉴。

2 渔用麻醉剂 MS-222

2.1 简介

MS-222,化学名称为3-氨基苯甲酸乙酯甲基磺酸盐,白色晶状粉末,易溶于水,水溶液为无色澄清酸性液体,见光呈黄褐色。MS-222的剂量与水产品的种类和大小以及水温等情况有关,一般在25~100 mg/L之间^[36]。经销商在使用MS-222的时候仅凭经验,只要不造成大量的死亡不考虑准确的使用量。在已有记载中,MS-222在鱼体内主要集中在脾脏、肝脏等器官,鱼肉中MS-222的残留量均低于其他部位^[37]。美国FDA规定鱼类对MS-222的休药期为21d,加拿大规定为5d。但是很多商家在利益的驱使下,并没有进行停药期暂养,消费者买到的水产品体内,仍含有较高含量的麻醉剂。我国现在对食用水产品中的麻醉剂使用量关注不够,没有相关的使用和限量标准^[38]。其优点是:MS-222主要积聚在脾、肝脏等器官,在肌肉中含量甚微,在清水中极易从水产品体内转移到水中。它对水产品麻醉作用见效快、复苏时间短、安全性高,对处理过的水产品及人体接触都无害。运输时MS-222能降低水产品氨的排放^[14]。其缺点是:MS-222溶液具有酸性,水产品深麻醉进行操作时,血浆皮质醇含量还在增加^[39];运输时MS-222不能降低CO₂排放^[40];FDA要求用MS-222麻醉过的水产品要在清水中饲养21d才能出售^[40];MS-222溶液应避免阳光直射,否则对海水鱼有较强的毒性^[41]。

2.2 检测方法

当前,我国比较重视养殖水产品生产过程中兽药的使用,制定了比较完备的使用规范和限量标准。对进入流环节后,在食用水产品上使用的麻醉剂不够关注,尚未见相关使用和限量标准^[42,43]。动物体内MS-222残留检测,普遍采用C₁₈柱分离,紫外检测器在223 nm波长检测的液相色谱法(HPLC-UV)^[44-45]。这类检测法定量限水平为10 μg/g,检测低浓度水平样品时,基质对定性和定量结果影响大,难以满足食品安全检测需要;Scherpenisse P采用液相色谱-串联四极杆质谱(HPLC-MS/MS)来检测MS-222^[46],低浓度水平定量和定性准确性得到较大提高,定量限水平达到1 μg/kg,但由于所使用设备昂贵,难以在较大范围内推广使用。还可以采用GC-MS法检测鱼肉中MS-222残留:样品以乙腈提取,0.2 mol/L盐酸溶液电离,阳离子Waters Oasis MCX萃取柱净化,GC-MS法内标法定量检测。该方法的灵敏度达到2.5 μg/kg,符合食品安全检测需要,定性和定量准确性相对于HPLC-UV法有显著提高^[47]。

3 渔用麻醉剂丁香酚

3.1 简介

丁香酚, 化学名称为 2-甲氧-4 丙烯基酚, 黑棕色液体, 是一种植物香料, 有效成分为丁香子酚, 占丁香酚重量的 70%~90%, 其药理作用广泛, 可以用作镇痛剂、防腐剂及芳香剂。丁香酚及代谢物能够快速地从血液和组织中排出, 不会诱发机体产生突变物质^[45], 价廉易得, 对人体健康无影响。根据美国食品与药物管理规定, 丁香酚可以直接在食品中添加到质量分数 100×10^{-6} 。丁香酚能够同时满足活鱼运输的安全性、高效性和低成本的要求, 是近年来很受关注的一种水产用麻醉剂。但是与 MS-222 相比^[46], 丁香酚具有挥发性, 麻醉过程中药效会逐渐下降, 复苏时间更长。

3.2 检测方法

美国国家毒理学计划 (NTP) 发布的毒理学数据显示, 甲基丁香酚是潜在的致癌物质^[48]。常用气相色谱法和液相色谱法^[49], 液相色谱-质谱联用法及气相色谱-串联质谱来检测丁香酚的残留^[50], 进而排查流通环节丁香酚的潜在风险。还可使用紫外检测丁香酚 (280 nm), 但在检测低浓度水平样品的时候, 基质对紫外检测法的定性和定量的结果影响较大^[51]。目前, 麻醉剂残留的检测方法中, 色谱质谱联用法以高灵敏度、抗基质干扰性、高准确性和高稳定性成为权威的检测方法。但是, 满足政府监管和中、小企业自检需求的快速检测方法还有待进一步研究开发。就此而言, 电化学检测技术^[52]、酶联免疫分析法^[53]和胶体金免疫分析法^[54]的研究前景较为明朗。

4 展望

现有的麻醉剂各有优缺点, 有些麻醉效果不理想, 有些对水产品或人体安全性不可靠, 或者价格昂贵, 因而研制一种麻醉效果好、药物残留少、安全范围大、易于急救、反复使用危害小、廉价的新型麻醉剂是科研的方向^[55]。我国水产品中麻醉剂残留检测研究仍然很薄弱, 目前还没有水产品中麻醉剂残留检测方面的标准, 直接影响了有效监控水产品中的麻醉剂残留情况。MS-222 作为渔用麻醉剂被广泛使用, 在鲜活水产品的长途运输中取得了良好的效果, 但我国仍处于研究试用阶段, 国内尚无自行生产的能力, 须从瑞士购买, 导致 MS-222 价格昂贵。与 MS-222 相比, 丁香酚为从植物中提取的, 价廉易得, 丁香酚和其代谢物能够快速地从血液和组织中排出, 不会诱发机体产生突变物质^[56]。所以丁香酚作为鲜活水产品麻醉剂, 具有更广阔的前景。随着渔业的发展, 渔用麻醉剂必然会成为一种趋势, MS-222 和丁香酚不仅麻醉效果良好, 而且经济低廉, 已经在国际上普遍用于大规模的活鱼运输。然而国内缺少监督检测渔用麻醉剂的法规规范, 而实际上很多麻醉剂已经在

市面上使用。监管制度的滞后, 导致渔用麻醉剂的使用存在很大的隐患, 如果不能及时加以监督和引导, 以后可能引起公众对渔用麻醉剂安全性的担忧, 也不利于渔业市场的顺利发展。因此, 我国相关部门有必要逐步积极开发低残留和无残留的渔用麻醉剂, 制定管理规范, 加强监管, 参考国际普遍使用的渔用麻醉剂, 制定渔用麻醉剂使用列表。这样, 我国未来渔用麻醉剂使用情况必将越来越规范, 对我国的渔业发展必有促进作用, 也给消费者的健康提供保障。

参考文献

- [1] 刘长琳, 何力, 陈四清, 等. 鱼类麻醉研究综述[J]. 渔业现代化, 2007, 34(5): 21-25.
Liu CL, He L, Chen SQ, *et al.* Research summary of fish anesthesia [J]. Fish Mod, 2007, 34(5): 21-25.
- [2] 冯广朋, 庄平, 章龙珍, 等. 麻醉剂丁香酚对西伯利亚鲟稚鱼耗氧率与幼鱼血液生化指标的影响[J]. 大连水产学院学报, 2010, 25 (2): 113-118.
Feng GP, Zhuang P, Zhang LZ, *et al.* The influence of anesthetic eugenol on Siberian sturgeon juveniles oxygen consumption rate and blood biochemical index of juvenile [J]. J Dalian Fish Univ, 2010, 25(2): 113-118.
- [3] Zahi IH, Kiessling A, Samuelsen OB, *et al.* Anesthesia induces stress in Atlantic salmon (*Salmo salar*), Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) [J]. Fish Phy Biochem, 2010, 36(3): 719-730.
- [4] 程君晖, 吴际萍, 王海霞, 等. 淡水鱼无水保活方法比较[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(9): 152-154.
Cheng JH, Wu JP, Wang HX, *et al.* Freshwater fish live without water [J]. Food Res Devel, 2009, 30(9): 152-154.
- [5] 金一春, 胡萍华, 曲学伟, 等. 二氧化碳麻醉对白斑狗鱼的影响[J]. 湖南农业科学, 2009, (12): 138-140.
Jin YC, Hu PH, Qu XW, *et al.* Carbon dioxide anesthesia on pike [J]. Hunan Agric Sci, 2009, (12): 138-140.
- [6] 魏锁成. 用于鱼类的麻醉剂及麻醉管理[J]. 西北民族大学学报, 2005, 26(1): 43-45.
Wei SC. An esthetics and anesthesia management for fish [J]. J Northwest Univ Nat, 2005, 26(1): 43-45.
- [7] Masopust J. Clinical biochemistry [M]. Czech: Karolinum Praha, 2000.
- [8] Thomas P, Roberson L. Plasma cortisol and glucose stress responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to handling and shallow water stressors and anesthesia with MS-222, quinaldinesulfate and metomidate [J]. Aquaculture, 1991, 96: 69-86.
- [9] Gilderhus PA, Marking LL. Comparative efficacy of 16 anesthetic chemicals in rainbow trout [J]. North Am J Fish Manag, 1987, 7: 288-292.
- [10] 徐滨, 庄平, 章龙珍, 等. 电麻醉与化学麻醉对施氏鲟幼鱼麻醉效果的比较[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(5): 539-546.
Xu B, Zhuang P, Zhang LZ, *et al.* Comparing the effect of Electrical chemical with anesthesia on amur sturgeon [J]. J Shanghai Fish Univ, 2008, 17(5): 539-546.
- [11] 汤保贵, 陈刚, 张健东, 等. 两种麻醉剂对罗非鱼的急性毒性及联合毒

- 性研究[J]. 水产科技情报, 2010, 37(3): 111-114.
- Tang BG, Chen G, Zhang JD, *et al.* The acute toxicity study of two anesthetics on tilapia [J]. Aquatic Sci Technol Inform, 2010, 37(3): 111-114.
- [12] U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration Center for Veterinary Medicine (CVM). Guidance for industry concerns related to the use of clove oil as an anesthetic for fish [EB/OL]. <http://www.fda.gov/downloads/AnimalVeterinary/GuidanceComplianceEnforcement/GuidanceforIndustry/ucm052520.pdf>. 2010-12-15.
- [13] Nagababu E, Lakshmaiah N. Inhibitory effect of eugenol on nonenzymatic lipid peroxidation in rat liver mitochondria[J]. Biochem Pharm, 1992, 43(11): 2393-2400.
- [14] Soto CG, Burhanuddin. Clove oil as a fish anaesthetic for measuring length and weight of rabbit fish (*Siganus lineatus*)[J]. Aquaculture, 1995, 136(1/2): 149-152.
- [15] 食品添加剂数据库. 食品添加剂丁香酚 ADI 值[DB/OL]. http://db.foodmate.net/additive/read_additivexz.php/pid=129. 2010-12-15.
- Food additives database. Food additives eugenol ADI [DB/OL]. http://db.foodmate.net/additive/read_additivexz.php/pid=129. 2010-12-15.
- [16] 食品添加剂数据库. 食品添加剂甲基丁香酚[DB/OL]. http://db.foodmate.net/additive/read_additivexz.php/pid=127. 2010-12-24.
- Food additives database. Food additive methyl eugenol [DB/OL]. http://db.foodmate.net/additive/read_additivexz.php/pid=127. 2010-12-24.
- [17] Velisek J, Svobodova Z. Anaesthesia of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with 2-phenoxyethanol: acute toxicity and bio-chemical blood profile [J]. Acta Veter Brno, 2004, 73(3): 379-384.
- [18] Hoskonen P, Pirhonen J. Temperature effects on anaesthesia with clove oil in six temperate-zone fishes [J]. J Fish Biol, 2004, 64: 1136-1142.
- [19] Gunette SA, Uhland FC, Hlie P, *et al.* Pharmacokinetics of eugenol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)[J]. Aquaculture, 2007, 266(1/4): 262-265.
- [20] Booth NH. Drug and chemical residues in the edible tissues of animals[J]. Veter Pharm Therap, 1988: 43(1): 49-1159.
- [21] Marking LL, Meyer FP. Are better anesthetics needed in fisheries [J]. Fisheries, 1985, 10(6): 2-5.
- [22] U.S. Food and Drug Administration. Fish and fish-ery products hazards and controls guidance (fourth edition)[S].
- [23] Klimnkov E, Riddellov K, Hajslov J, *et al.* Development of an SPME-GC-MS/MS procedure for the monitoring of 2-phenoxyethanol in anaesthetized fish [J]. Talanta, 2008, 75(4): 1082-1088.
- [24] European Economic Community (EEC). Council Regulation (EEC) the establishment of maximum residue limits of veterinary medicinal products in foodstuffs of animal origin[S/OL]. 2010-12-30.
- [25] Erickson RJ, Mckim JM. A simple flow-limited model for exchange of organic chemicals at fish gills [J]. Soc Environ Toxicol Chem, 1990, 9(2): 159-165.
- [26] 张海棠, 王自良, 王艳荣. 苯巴比妥在动物生产中的非法使用及毒性作用[J]. 山西农业科学, 2008, 36(4): 29-31.
- Zhang HT, Wang ZL, Wang YR. The toxic effects of using illegal phenobarbital [J]. Shanxi Agric Sci, 2008, 36(4): 29-31.
- [27] 洪长福, 姜金萍, 陈钧强, 等. 三氯乙醛的毒性和致突变研究[J]. 环境与职业医学, 2003, 20(6): 406-410.
- Hong CF, Lou JP, Chen JQ, *et al.* Chloral toxicity and mutagenicity studies [J]. Environ Occup Med, 2003, 20(6): 406-410.
- [28] 任洁. 喹啉辅助活鱼运输[J]. 中国农村科技, 2000, (8): 38.
- Ren J. Quinaldic auxiliary used for transport with live fish [J]. China Rural Technol, 2000, (8): 38.
- [29] 赵振山, 陈胜国. 碳酸和盐酸普鲁卡因在鱼苗运输中麻醉效果观察[J]. 淡水渔业, 1994, 24(1): 3-5.
- Zhao ZS, Chen SG. The study of carbonic acid and hydrochloric procaine anesthesia in fish transport[J]. Freshwater Fish, 1994, 24(1): 3-5.
- [30] Hseu JR, Yeh SL, Chu YT, *et al.* Different anesthetic effects of 2-phenoxyethanol on four species of teleost [J]. J Fish Soc, 1997, 24(3): 185-191.
- [31] Hseu JR, Yeh SL, Chuy T, *et al.* Comparison of efficacy of five anesthetics in gold lined sea bream *sparussarba* [J]. 动物学刊, 1999, 9: 35-41.
- Hseu JR, Yeh SL, Chuy T, *et al.* Comparison of efficacy of five anesthetics in gold lined sea bream *sparussarba* [J]. Zoo J, 1999, 9: 35-41.
- [32] Weylo, Kaiserh, Hechtt. On the efficacy and mode of action of 2-phenoxyethanol as an anaesthetic for goldfish, *Carassius auratus* (L.), at different temperatures and concentrations [J]. Aquac Res, 1996, 27(10): 757-764.
- [33] Topic Popovic N, Strunjak-Perovic I, Coz-Rakovav, *et al.* Tricaine methane-sulfonate (MS-222) application in fish anaesthesia [J]. J Appl Ichthyol, 2012, 28(4): 553-564.
- [34] Meinertz JR, Greseth SL, Schreier TM, *et al.* Isoeugenol concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) skin fillet tissue after exposure to AQUI-STM at different temperatures, durations, and concentrations [J]. Aquaculture, 2006, 254(1/4): 347-354.
- [35] Li Q. Japan readjust the medication prescribed aquaculture [J]. World Agric, 2007, (4): 45-50, 54.
- [36] Lv SW, Lei HT, Sun YM. Advances in anesthetic safety fish [J]. Food Sci, 2012, 33(1): 267-270.
- [37] Guo FC, Teo LH, Chen TW. Effects of anaesthetics on the water parameters in a simulated transport experiment of platy-fish, *Xiphophorus maculatus* (Guenther) [J]. Aquac Res, 1995, 26(4): 265-271.
- [38] Coyle SD, Durborow RM, Tidwell JH. Anesthetics in aquaculture [R]. SRAC Publication, 2004, No. 3900.
- [39] Bellg. An outline of anesthetic and anesthesia for salmonids, a guide for fish culturists in British Columbia [R]. Canadian Technical Report of Fisheries Aquatic Sciences, 1987, No. 1534.
- [40] U.S. Food and Drug Administration. Fish and fish-ery products hazards and controls guidance (fourth edition)[S].
- [41] NY5070-2002 Free food aquatic products drugs residue limit [S].
- [42] Capriotti AL, Cavaliere C, Giansanti P, *et al.* Recent developments in matrix solid-phase dispersion extraction [J]. J Chromatogr A, 2010, 1217(16): 2521-2532.
- [43] 农业部办公厅关于印发茄果类蔬菜等 55 类无公害农产品检测目录的通知[S].
- The notification of office of the ministry of agriculture of 55 class plants pollution-free agricultural detect directory[S].
- [44] NY5070-2002 无公害食品 水产品中渔药残留限量[S].
- NY5070-2002 Free food—The residue limits of fishery drugs in aquatic products[S].
- [45] Liu XC, Qiang SW, Cui Zj, *et al.* Determination of the concentration of

- fish in fish anesthetic using HPLC [J]. South Africa Inst Nat, 1998,17(3): 13–16.
- [46] Cui ZJ, Yi YR, Wang Y, *et al.* Using HPLC to test concentrations of Jingan in fish [J]. Chin J Biol Eng, 2003, 23(6): 84–86.
- [47] Ren J, Cui ZJ, Fu YP, *et al.* MS-222 fish in distribution and discharge of study [J]. Freshwater Fish. 1997, 27(1): 23–25.
- [48] Scherpenisse P, Bergwerff A. Determination of residues of tricaine in fish using liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. Anal Chim Acta, 2007, 586(1–2): 407–410.
- [49] Velisk J, Svobodova Z, Piackova V. Effects of clove oil anaesthesia on rainbow trout [J]. Acta Vet Brno, 2005, 74: 139–146.
- [50] Subedia B, Mottalebb MA, Chambliss CK, *et al.* Simultaneous analysis of select pharmaceuticals and personal care products in fish tissue using pressurized liquid extraction combined with silica gel cleanup [J]. J Chromatogr A, 2011, 1218(37): 6278–6284.
- [51] Ke CL, Liu Q, Chen JW. The study of eugenol residues in water using gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. China Fish Qual Standard, 2014, 43(1): 26–29
- [52] 薄海波, 索有瑞, 陈立仁. 安睡伴侣软胶囊中丁香酚含量测定方法研究 [J]. 中国中药杂志, 2005, 30(13): 1031–1033.
Bo HB, Su YR, Chen LR. The determination of eugenol content partner soft capsules sleep [J]. Chin Mater Med, 2005, 30(13): 1031–1033.
- [53] 袁红宇, 欧宁, 葛巧香, 等. RP-HPLC 测定小儿腹泻外敷凝胶中丁香酚的含量 [J]. 中华实用医药杂志, 2006, 6(23): 2116.
Yuan HY, Ou N, Ge QX, *et al.* The determination of eugenol in topical gel in children with diarrhea used RP-HPLC [J]. J Prac Med, 2006, 6(23): 2116.
- [54] Jesuscg, Fortecms, Wohnrathk, *et al.* Electroanalytical performance of (SiPy+Cl/CuTsPc)(5) LbL film for detecting promethazine hydrochloride [J]. Electroanalysis, 2011, 23(8): 1814–1820.
- [55] Rydevik A, Bondesson U, Hedeland M. Structural elucidation of phase I and II metabolites of bupivacaine in horse urine and fungi of the Cunninghamella species using liquid chromatography multi-stage mass spectrometry [J]. Rapid Commun Mass Spect, 2012, 26(11): 1338–1346.
- [56] Mitrowska K, Posnyak A, Zmudzki A. Rapid method for the determination of tranquilizers and a beta-blocker in porcine and bovine kidney by liquid chromatography with tandem mass spectrometry [J]. Anal Chim Acta, 2009, 637(1/2): 185–192.
- [57] Kandimalla VB, Ju H. Molecular imprinting: a dynamic technique for diverse applications in analytical chemistry [J]. Anal Bioanal Chem, 2004, 380(4): 587–605
- [58] Zahi IH, Kiessling A, Samuelsen OB, *et al.* Anesthesia induces stress in atlantic salmon (*Salmo salar*), atlantic cod (*Gadus morhua*) and atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) [J]. Fish Physiol Biochem, 2010, 36(3): 719–730.
- [59] Ghazilou A, Hasankandi HS, Chenary F, *et al.* The anesthetic efficiency of clove oil in caspian salmon, *Salmo trutta caspius* K, smolts in dosage-salinity-pH linked approach [J]. J World Aquac Soc, 2010, 41(4): 655–660.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



苏明明, 硕士研究生, 主要研究方向为农药残留分析。

E-mail: meng8135@163.com



曹际娟, 教授, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: cjj0909@163.com