

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2012.02.012

· 综述 ·

罗非鱼血液综合利用的研究思路及展望

刘在军^{1,2}, 岑剑伟¹, 李来好¹, 杨贤庆¹, 郝淑贤¹, 魏 涯¹, 周婉君¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部水产品加工重点实验室, 国家水产品加工技术研发中心, 广东 广州 510300; 2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要: 中国拥有丰富的罗非鱼资源, 产业化的罗非鱼加工业正在不断发展壮大。血液是罗非鱼加工中的主要副产物之一, 含有丰富的活性物质, 却一直作为废弃物排放, 若能对其进行科学有效的利用, 则具有广泛的开发应用前景。文章综述了罗非鱼血液中的主要活性物质及其在食品、医药和日用化工等行业的应用现状, 以及罗非鱼血液的其他利用途径, 分析了罗非鱼血液综合利用可能面临的问题并为其指明了发展方向。实现罗非鱼血液的综合利用不仅能有效地减少环境污染, 还能显著地增加企业的经济效益。

关键词: 罗非鱼; 血液; 活性物质; 综合利用

中图分类号: TS 254.9

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2012)02-0076-05

Thoughts and prospect of comprehensive utilization of tilapia blood

LIU Zaijun^{1,2}, CEN Jianwei¹, LI Laihao¹, YANG Xianqing¹, HAO Shuxian¹, WEI Ya¹, ZHOU Wanjun¹

(1. Key Lab. of Aquatic Product Processing, Ministry of Agriculture, National R&D Center for Aquatic Product Processing, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;
2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The abundance of tilapia resources in China constantly promotes the industrialization of processing industry of tilapia. Blood is one of the major by-products in tilapia processing, which has many bioactive substances but is always discharged uselessly. Extensive application prospect in tilapia blood is ensured by its scientific and effective utilization. The paper reviews the main bioactive substances in tilapia blood and their current application in the fields of food, medicine and daily chemical industry, summarizes other utilization ways of tilapia blood, and analyzes the problems which may encounter in the comprehensive utilization of tilapia blood. Comprehensive utilization can reduce environmental pollution and increase economic benefits of enterprises remarkably.

Key words: tilapia; blood; bioactive substance; comprehensive utilization

罗非鱼(*Tilapia* sp.)是继三文鱼和对虾之后颇受国际市场欢迎的养殖水产品, 被认为是可替代优质海洋鱼的“白色三文鱼”。经过近十年的迅猛发展, 中国已成为世界上最大的罗非鱼养殖生产国家, 产量占世界的55%^[1]。随着罗非

鱼加工业的迅速发展, 如何有效地处理加工中的废弃物, 已成为罗非鱼产业面临的关键问题。近年来对废弃物中碎鱼肉、鱼骨和内脏等的加工利用已有报道, 如郝志明等^[2]从罗非鱼内脏中已筛选出多种有价值的酶, 吴燕燕等^[3]利

收稿日期: 2011-07-05; 修回日期: 2011-09-14

资助项目: 国家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(2010GB23260577, 2009GB2E200303, 2010GB2E000335); 广东省科技计划项目(2011A020102005, 2009A020700004, 2008A020100006, 2009B020201003); 广东省海洋渔业科技推广项目(A200899B02, A200901C01); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国水产科学研究院南海水产研究所)资助项目(2010YD07)

作者简介: 刘在军(1987-), 男, 硕士研究生, 从事水产品加工与质量安全研究。E-mail: liuzaijun0806@163.com

通讯作者: 李来好, E-mail: laihaoli@163.com

用罗非鱼加工废弃物制成风味独特、高附加值的新营养调味料,但有关罗非鱼血液的利用问题国内外均未见报道,不仅导致宝贵资源的大量浪费,而且造成了严重的环境污染。中国的罗非鱼血液资源十分丰富,2010年罗非鱼市场报告^[4]显示,罗非鱼全球年产量将达到 3.7×10^6 t,中国罗非鱼的年产量约为 1.2×10^6 t(同比下降13%),用于加工的罗非鱼年产量约为 6×10^5 t,按鱼血占活体质量的2%^[5]计,每年约有 1.2×10^4 t罗非鱼血可以被利用。鱼类血细胞研究资料^[6]表明,与其他动物血类似,罗非鱼血液中富含多种蛋白质成分,如超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、血红蛋白、凝血酶、免疫球蛋白和白蛋白等。因此,实现罗非鱼血液的综合利用,将其广泛应用于食品、保健、医药、化妆品和饲料等领域,不仅可以避免环境污染,还能显著增加企业的附加值,优化企业的产业结构,有力推动罗非鱼加工业向更高层次、更大规模的方向发展。

1 血液中的活性物质

罗非鱼血液中含有多种有效活性成分,具有多种重要的生理功能,可广泛应用于食品、医药和化妆品等领域。结合其他动物血深加工的经验,罗非鱼血液的综合利用将以提纯多种高附加值的活性成分研究为主要方向。

1.1 SOD

SOD是一种广泛存在于生物体中的金属酶^[7],因能使超氧阴离子自由基($O_2 \cdot^-$)发生歧化反应而得名^[8]。根据活性中心所含金属离子的不同,SOD主要分为铜/锌(Cu/Zn)-SOD、锰(Mn)-SOD和铁(Fe)-SOD 3种类型^[9],动物血液主要含Cu/Zn-SOD。作为生物体内最有效的氧自由基清除剂,SOD能够维持生物体内超氧阴离子的动态平衡,防止因体内 $O_2 \cdot^-$ 浓度过高而引起的不良反应^[10],被誉为“人体垃圾清道夫”,在抗衰老、抗炎症、抗氧化、抗辐射和防治肿瘤等方面显示出了独特的功能。

1.2 血红素

血红素是由1个原卟啉环中镶嵌1个二价铁离子(Fe^{2+})构成的化合物,主要存在于动物的血液和肌肉中,是动物血液中的主要色素。在血液中血红素与球蛋白结合成四聚体构成血红蛋白(Hb)^[11]。血红素是天然的食品色素和优良生物补铁剂,还是重要的抗癌药物和生化试剂,具有重要的生理功能和很高的实用价值。

1.3 凝血酶

凝血酶是一种生成于损伤处血管内皮细胞的糖蛋白,在体内以凝血酶原的形式存在,在一定条件下激活后,转化为有活性的丝氨酸蛋白水解酶^[12]。凝血酶是参与凝血反应过程中的关键酶,能使纤维蛋白原转化为不溶性的纤维蛋白,通过纤维蛋白不断网住外渗的血细胞,最终聚集成血液凝块而完成止血过程。

1.4 免疫球蛋白

免疫球蛋白是一类能发生抗原-抗体特异性结合反应的

生物活性物质,一般存在于脊椎动物的血液、组织液和外分泌液等体液中^[13]。根据其结构和性质,一般可分为IgG、IgM、IgA、IgE和IgD 5种,硬骨鱼类血清中主要含IgM^[14]。大量研究证明,免疫球蛋白能中和细菌毒素,彻底杀死细菌和病毒,激活补体,对于增强机体的免疫力有很好的效果^[15]。

另外,罗非鱼血液中还含有蛋白酶、干扰素、维生素、纤维蛋白原和白蛋白等多种有效成分,如还可开发能够酶解血液蛋白的新型酶制剂等。国外已有从血液中提取130种产品的文献报道^[16],在此不作逐一介绍。

2 主要活性物质的应用

2.1 在食品行业中的应用

血液中的活性物质具有天然、无毒副作用等优点,在食品行业中得到了较广泛的应用。

2.1.1 开发功能性食品 如利用SOD抗氧化、抗衰老、防辐射的性质,现在已经开发出很多富含SOD的食品和饮料,如SOD活性茶、SOD脐橙、SOD啤酒、芦荟汁以及麦绿素等,不仅防腐保鲜性能好,而且还有很好的美容、保健效果,发展潜力巨大;美国Stone Milk Biologics Inc.生产的S100系列免疫乳制品,对类风湿性关节炎有较好的疗效^[17]。

2.1.2 作为营养强化剂 如把血红素作为铁强化剂添加到饼干、面包、米粉、果冻、饮料、奶制品和酱油等食品中,能够在不影响食品原有色、香、味的同时有效地起到补铁的作用^[18]。

2.1.3 作为食品发色剂 用血红素代替传统的熏制熟肉制品中的发色剂亚硝酸盐及人工合成色素,不仅可以避免亚硝酸盐引起的致癌作用,而且还能改善肉制品的外观和口感^[19]。

2.2 在医药行业中的应用

血液中的活性物质对许多疾病有特殊的治疗效果,将血液中的活性物质应用于医药行业,现已成为血液资源有效利用的主要途径。1) SOD作为一种新型抗炎药用酶,对类风湿性关节炎和慢性多发性关节炎等各种炎症有显著的治疗效果^[20],如LUNDOLESEN^[21]将SOD用于关节炎退变症的治疗。此外,SOD对治疗抑郁症^[22]、艾滋病^[23]以及老年白内障等疾病也有一定疗效。2) 在医疗临床上,血红素铁有良好的促进骨髓造血的作用,能有效地治疗动物溶血性和失血性贫血,具有吸收快、生物利用率高、无蓄积中毒和无刺激症状等优点,是已知最理想的抗贫血药物^[24]。血红素铁与EDTA(乙二胺四乙酸)配合可用于治疗慢性铅中毒,血红素衍生物还具有诊治癌症^[25]、抗炎等功效。制药行业中血红素是半合成法制备胆红素的前体,而胆红素既是配制人工牛黄的重要原料,又是制备抗癌特效药-血卟啉衍生物的主要原料^[26],其现已广泛应用于视网膜瘤、膀胱癌和肝癌等疾病的治疗。3) 凝血酶具有止血快、

无抗原性和无其他不良反应等优点,既可口服,又可外敷,现已在临床中得到了广泛应用。如可用于十二指肠溃疡、出血性糜烂性胃炎、出血性膀胱炎、骨出血、产后大出血、拔牙等各种出血止血治疗^[27]。最近研究发现,凝血酶配合云南白药治疗上消化道出血,止血快、无副作用,具有很强的推广价值^[28]。同时,除传统的凝血作用外,凝血酶在脑血管病中的作用也日益受到重视。研究表明,小剂量凝血酶可产生神经保护作用,而大剂量则具有细胞毒性作用^[29]。

2.3 在日用化工行业中的应用

活性物质在美容、化工和饲料添加剂等行业中也发挥着越来越重要的作用。1)由于SOD在防晒、抗衰老和防止色素沉着等方面的效果比较突出,国内外不少化妆品都添加SOD,如大宝SOD、康妮SOD、SOD康舒达霜等产品,对保养皮肤、防止衰老、阻止老年斑的生成有良好的效果。SOD还可以加入到牙膏、漱口水和含片等中,对预防口腔疾病有一定的疗效。2)在烟草行业中,血红素可作为烟草生物减害降焦剂,降低焦油和截留 $\text{NO}_x^{[30]}$,血红素铁还是分析化学和生化研究的重要试剂,在分析化学上用来鉴定铜^[31]。3)免疫球蛋白可代替抗生素作为饲料添加剂,这将为无公害畜禽养殖业的发展创造新的重要条件^[32]。

3 血液的其他利用途径

除了从鱼血中提取多种易分离纯化、高附加值的活性物质外,为了使鱼血的价值得到最大程度的发挥,还应充分有效地利用鱼血的提取剩余物。例如,可以开发微生态血粉饲料,利用液态深层发酵技术,采用多菌株发酵制得血粉,与直接干燥血粉^[33]或蒸煮血粉相比,其不仅能够改善氨基酸模式,提高血液中粗蛋白的消化吸收率,产生多种B族维生素,除掉血腥味,提高适口性,而且能够促进益生菌在动物肠道内的生长和繁殖,这对维持动物肠道菌群平衡,降低饲料消耗,改善幼龄动物的健康状况有着重要意义。蒋长苗等^[34]、考桂兰等^[35]和王远明等^[36]报道了发酵血粉代替鱼粉、肉骨粉等在饲料中的应用,均表明给畜禽饲喂发酵血粉可降低饲料成本和提高经济效益。

近年来,随着酶技术的迅速发展,利用蛋白酶水解血液的研究也越来越多^[37]。于美娟等^[38]研究发现复合酶水解新鲜猪血的水解效果最好,经复合酶水解可以把血液中多种蛋白质分解成氨基酸、肽和胨等混合物,从中提取活性肽是功能性食品研究最活跃的领域之一。生物活性肽具有抗菌、病毒,抗癌,抗血栓,抗高血压,抗氧化,清除自由基,改善食品风味、滋味、质地等功能。如将血红蛋白分解为血红素和球蛋白,然后将球蛋白酶解成小分子活性肽,这种小分子肽不仅有很好的溶解性、抗凝胶形成性和低粘度,而且在体内的消化吸收快、无过敏反应,此外还具有脂肪代谢等生理活性。血液酶解物还可以加工成酶化血粉饲料或者复合氨基酸添加剂,具有多种特殊功

效^[39]。另外,还可以把血液降解物作为肥料,不仅能促进作物的生长,还能改善蔬菜、水果的风味、颜色,且对人畜无毒性^[40]。

其次,从国外对血液资源在食品工业上的利用经验来看,利用血浆蛋白粉做成很好的发泡剂和粘结剂,可取代牛奶、鸡蛋,广泛应用于糕点、餐菜和糖果中;还可以用血浆粉代替肉制作香肠、饺子馅,利用血液生产酸乳酪等产品。血液中富含人体所需的8种必需氨基酸,利用血液直接制备食用蛋白或者利用微生物发酵法将血液中的蛋白质分解转化为菌体蛋白,广泛应用于食品加工中,可以提高食品营养价值,改善人们的饮食结构。

4 血液综合利用面临的问题

血液的综合利用是一项技术要求比较高的系统工程,通过总结已有研究中存在的问题,结合罗非鱼血液综合利用的具体实际分析发现,在罗非鱼血液综合利用中将面临以下几个方面的困难。

1)由于罗非鱼加工工艺的特殊性,罗非鱼被宰杀时流出的血液与大量的水混溶,造成有效成分浓度很低,如何迅速有效地收集到较高浓度的鱼血成分是需要解决的首要问题;而且在宰杀过程中,罗非鱼血液还极易受到鱼鳞、内脏等其他杂质的污染,对鱼血原料的卫生安全性构成了严重的威胁;收集到的原料血容易发生凝固、变性、变色等,需要的保存条件高。

2)目前,国内外对血液资源的利用还主要以提取某种单一的活性物质为主,而有关血液综合利用的研究数量少、成效低,研究还很不深入、系统。已有研究所得产品的回收率较低,提取物活性损失较大,生产成本较高,实现规模化生产比较困难;对血液的综合利用程度很低,通常只提取几种常见的活性物质,而从血液中提取130种活性物质的研究已有报道,说明现有的生产工艺与实现真正的血液资源的综合利用还有很大差距。

3)SOD等多种活性物质的半衰期均较短,不利于长期保存;获得的产品血腥味较重、色泽差、适口性也差,还有使粪便变黑的现象,因此在应用中受到一定限制。如这些活性物质用于口服时,如何保护其安全地通过人的胃进入肠道是一个需要解决的重要问题。

4)不同来源的动物血有自身的特异性,因此不能照搬其他动物血的研究成果,而罗非鱼血液开发利用的研究未见报道,这就需结合罗非鱼血的特点,在研究中不断地摸索和解决可能出现的新问题、新情况。

5 展望

罗非鱼血液的研究,将以现有的动物血液的研究成果为基础,针对开发利用中存在的问题,通过改良现有工艺技术,应用新的生物化学技术,以减少环境污染、降低生产成本和提高生产效率为前提,研发出一套以多种附加值

高、易于分离纯化、回收率高、活性强的活性物质的连续化、工业化生产为主,剩余部分再进行多层次、多角度开发利用的罗非鱼血液“零废弃”高值化综合利用技术,这将为整个罗非鱼规模化加工“零废弃”的实现发挥非常重要的作用。例如,微生态血粉生物技术作为21世纪高新技术的重要组成部分,具有投入少、能耗小等优点,利用提取活性物质后的血液剩余物开发出生物学价值高、适合于大规模产业化生产的微生态血粉,将是高效利用中国丰富的罗非鱼血液资源的一条重要途径,具有非常重要的理论研究和实践意义。另外,加大对血液中活性成分的作用机理研究,拓展血液中有有效成分的应用范围也将是今后研究的主要方向。随着分离纯化技术的不断发展,实现罗非鱼血液综合利用规模化生产及产品广泛应用的前景非常乐观。

参考文献:

- [1] 罗南. 中国罗非鱼加工现状分析[J]. 农村新技术, 2009, 54(2): 6.
LUO Nan. The processing status analysis of tilapia in China[J]. N Rural Tech, 2009, 54(2): 6. (in Chinese)
- [2] 郝志明, 吴燕燕, 李来好. 罗非鱼内脏中酶的筛选[J]. 南方水产, 2006, 2(2): 38-42.
HAO Zhiming, WU Yanyan, LI Laihao. A selection of enzyme in the tilapia internal organs[J]. South China Fish Sci, 2006, 2(2): 38-42. (in Chinese)
- [3] 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)
- [4] 农博水产. 2010 罗非鱼主产国内销增长显著[EB/OL]. (2011-02-22) [2011-08-25]. <http://fishery.aweb.com.cn/2011/0222/512-913494680.shtml>.
Fishery. aweb. The main producing countries of tilapia have a remarkably increase at domestic in 2010 [EB/OL]. (2011-02-22) [2011-08-25]. <http://fishery.aweb.com.cn/2011/0222/512913494680.sh.html>.
- [5] 图片互动. 血量[EB/OL]. (2009-03-06) [2011-08-21]. <http://tupian.hudong.com/s/%E8%A1%80%E9%87%8F/xgtupian/1/1>.
Tupian hudong. Blood volume[EB/OL]. (2009-03-06) [2011-08-21]. <http://tupian.hudong.com/s/%E8%A1%80%E9%87%8F/xgtupian/1/1>.
- [6] 周玉, 郭文场, 杨振国. 鱼类血细胞的研究进展[J]. 动物学杂志, 2001, 36(6): 55-57.
ZHOU Yu, GUO Wenchang, YANG Zhenguo. The progress of studies on fish blood cells[J]. Chin J Zool, 2001, 36(6): 55-57. (in Chinese)
- [7] MANN T, KEILIN D. Haemocuprein and hepatocuprein, copper-protein compounds of blood and liver in mammals[J]. Proc R Soc London, Ser B, Biol Sci, 1938, 126(844): 303-315.
- [8] MCCORD J M, FRIDOVICH I. Superoxide dismutase: an enzymatic function for erythrocuprein (hemocuprein) [J]. J Biol Chem, 1969, 244(22): 6049-6055.
- [9] GRACE S C. Phylogenetic distribution of superoxide dismutase supports an endosymbiotic origin for chloroplasts and mitochondria[J]. Life Sci, 1990, 16(47): 1875-1886.
- [10] 何献君, 梁晓冬, 吕晓峰, 等. 超氧化物歧化酶应用研究状态[J]. 中国医药指南, 2010, 8(15): 35-39.
HE Xianjun, LIANG Xiaodong, LÜ Xiaofeng, et al. The application research state of superoxide enzyme[J]. Guide Chin Med, 2010, 8(15): 35-39. (in Chinese)
- [11] 邓莉, 刘章武, 杜金平. 动物血提取物活性的研究与开发现状[J]. 食品科学, 2010, 31(21): 455-458.
DENG Li, LIU Zhangwu, DU Jinping. Current research and development of animal blood extract activity[J]. Food Sci, 2010, 31(21): 455-458. (in Chinese)
- [12] 张智明. 凝血酶的研究进展[J]. 海峡药学, 2006, 18(6): 1-3.
ZHANG Zhiming. Progress in studies of thrombin[J]. Strait Pharm J, 2006, 18(6): 1-3. (in Chinese)
- [13] 孙高超, 孙圣君, 刘高升, 等. 猪血免疫球蛋白 G 提取及分子量测定[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(23): 11017-11018.
SUN Gaochao, SUN Shengjun, LIU Gaosheng, et al. Extraction of immunoglobulin G from pig blood and determination on its molecular weight[J]. J Anhui Agric Sci, 2009, 37(23): 11017-11018. (in Chinese)
- [14] 张立颖, 赵萌. 鱼类免疫球蛋白的研究进展[J]. 水产科学, 2009, 28(11): 701-705.
ZHANG Liying, ZHAO Meng. Recent advances on immunoglobulin in fish[J]. Fish Sci, 2009, 28(11): 701-705. (in Chinese)
- [15] 罗磊. 猪血 G 型免疫球蛋白的分离提取研究[D]. 无锡: 江南大学, 2006: 8-10.
LUO Lei. Studies on fractionation and extraction of immunoglobulin from porcine blood[D]. Wuxi: Jiangnan Univ, 2006: 8-10. (in Chinese)
- [16] 马美湖. 试论畜禽血液综合利用的意义[J]. 农牧产品开发, 2002, 23(3): 7-8.
MA Meihu. The significance of comprehensive utilization in animal blood[J]. Agric Prod Dev, 2002, 23(3): 7-8. (in Chinese)
- [17] 郭玲, 刘爱国, 胡志和. 牛血浆中主要蛋白质的研究进展[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 489-492.
GUO Ling, LIU Aiguo, HU Zhihe. Research advances in main proteins in bovine blood plasma[J]. Food Sci, 2009, 30(21): 489-492. (in Chinese)
- [18] 张婷, 庄红, 薛培宇, 等. 血红素铁功能及其二价铁保护探索[J]. 肉类研究, 2008, 18(3): 18-20.
ZHANG Ting, ZHUANG Hong, XUE Peiyu, et al. Research on the function of hemoprotein and the protection of ferrous ions in it [J]. Meat Res, 2008, 18(3): 18-20. (in Chinese)

- [19] 汪学荣, 王飞. 生物态补铁剂——血红素铁的研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2007, 65(3): 82–86.
WANG Xuerong, WANG Fei. Biology iron supplement: heme iron and its progress[J]. Chin Food Add, 2007, 65(3): 82–86. (in Chinese)
- [20] 张波, 庞第, 王全林. 牛血中SOD的提取技术研究[J]. 宁夏大学学报: 自然科学版, 2002, 23(1): 69–70.
ZHANG Bo, PANG Di, WANG Quanlin. Study on the technology of extracting SOD from cattle blood[J]. J Ningxia Univ: Natural Science, 2002, 23(1): 69–70. (in Chinese)
- [21] LUNDOLESEN K. In pathology of oxygen[M]. New York: Academic Press, 1982: 339–353.
- [22] SERDAR H G, HALUK A S, BULBUL F, et al. Changes in nitric oxide level and superoxide dismutase activity during antimanic treatment[J]. Neuro-Psychopharm Biol Psych, 2007, 31(3): 697–702.
- [23] EDEAS M A, EMENTI I, KHALFOUN Y, et al. Clastogenic factors in plasma of HIV-1 infected patients active HIV-1 replication *in vitro*: inhibition by superoxide dismutase[J]. Free Radic Biol Med, 1997, 23(4): 571–578.
- [24] 刘娅, 颜海燕, 韩新年. 天然补铁剂——血红素铁的研究概述[J]. 海峡药学, 2005, 17(4): 114–117.
LIU Ya, YAN Haiyan, HAN Xinnian. Nature iron supplement: heme iron and its general situation[J]. Strait Pharm J, 2005, 17(4): 114–117. (in Chinese)
- [25] 王丹侠, 崔世勇. 血红素的应用分析研究进展[J]. 上海预防医学杂志, 2002, 14(5): 219–223.
WANG Danxia, CUI Shiyong. Research advances in application and analysis of heme[J]. Shanghai J Prev Med, 2002, 14(5): 219–223. (in Chinese)
- [26] SAKTHITHARAN S, CHRISTINE E, ROSS W B. Advances in modern synthetic porphyrin chemistry[J]. Tetrahedron, 2000, 56(8): 1025–1046.
- [27] 庄秀华. 局部止血药: 凝血酶简介[J]. 海峡药学, 2002, 14(5): 93–94.
ZHUANG Xiuhua. Local hemostatic-thrombin: brief description[J]. Strait Pharm J, 2002, 14(5): 93–94. (in Chinese)
- [28] 李鸿宾. 凝血酶配合云南白药治疗上消化道出血疗效观察[J]. 现代中西医结合杂志, 2011, 20(4): 437–438.
LI Hongbin. Treatment of gastrointestinal hemorrhage by thrombin and Yunnanbaiyao[J]. Mod J Int Trad Chin West Med, 2011, 20(4): 437–438. (in Chinese)
- [29] 赖翼, 刘阳, 林方昭, 等. 凝血酶研究概况[J]. 血栓与止血学, 2009, 15(3): 142–144.
LAI Yi, LIU Yang, LIN Fangzhao, et al. Thrombin Study[J]. Chin J Thromb Hemost, 2009, 15(3): 142–144. (in Chinese)
- [30] 刘少民, 许萍, 阎向阳, 等. 卷烟主流烟气中NO_x截留的研究[J]. 环境与健康杂志, 2002, 19(3): 186–187.
LIU Shaomin, XU Ping, YAN Xiangyang, et al. Study on removal of nitrogen oxides in tobacco smoke main stream[J]. J Envir Health, 2002, 19(3): 186–187. (in Chinese)
- [31] 张小芬. 利用血红素进行生物化学分析的研究[D]. 广州: 暨南大学, 2006: 14–20.
ZHANG Xiaofen. Studies on biochemical analysis with heme[D]. Guangzhou: Jinan Univ, 2006: 14–20. (in Chinese)
- [32] 杨桂有, 蔡克周, 吴明文, 等. 猪血中功能性物质的分离纯化及其应用[J]. 肉类工业, 2010, 12(3): 40–42.
YANG Guiyou, CAI Kezhou, WU Mingwen, et al. Separation and purification of functional substances from porcine blood and its application[J]. Meat Ind, 2010, 12(3): 40–42. (in Chinese)
- [33] STEIDINGEN M U, GOODBAND R D, TOKACH M D, et al. Effects of spray-dried animal plasma source on weanling pig performances[J]. J Anim Sci, 2000, 78(2): 172.
- [34] 蒋长苗, 周晓琳. 微生态血粉研制和应用[J]. 中国微生态学杂志, 1999(8): 233–235.
JIANG Changmiao, ZHOU Xiaolin. Preparation and application of microbiological blood powder[J]. Chin J Micro, 1999(8): 233–235. (in Chinese)
- [35] 考桂兰, 禹旺盛, 齐旺梅. 用微生物发酵血粉代替进口鱼粉饲喂蛋鸡效果试验[J]. 内蒙古畜牧科学, 2002(3): 5–6.
KAO Guilan, YU Wangsheng, QI Wangmei. Effects research on the microbiological blood powder feed laying hen instead of import fish powder[J]. Inner Mongolian J Anim Sci Prod, 2002(3): 5–6. (in Chinese)
- [36] 王远明, 王屹, 陆强. 猪血鸡粪混合饲料的制备[J]. 化学世界, 2003, 44(12): 641–643.
WANG Yuanming, WANG Yi, LU Qiang. Production of mixed feed from pig blood and chicken muck[J]. Chem World, 2003, 44(12): 641–643. (in Chinese)
- [37] CLARK J T. Solubilisation of bovine human and decolorisation of bovine blood by enzyme hydrolysis with Aklase[J]. J Meat Sci, 1987, 12(21): 111.
- [38] 于美娟, 马美湖, 万佳蓉. 复合酶水解猪血液工艺条件的研究[J]. 肉类工业, 2005(5): 14–17.
YU Meijuan, MA Meihu, WAN Jiarong. Study on the reaction conditions of the hydrolysis of porcine blood by combinative enzyme[J]. Meat Ind, 2005(5): 14–17. (in Chinese)
- [39] 刘骞, 李鑫. 猪血的综合利用与开发[J]. 肉类研究, 2008, 18(11): 85–89.
LIU Qian, LI Xin. Comprehensive utilization and development of porcine blood[J]. Meat Res, 2008, 18(11): 85–89. (in Chinese)
- [40] HASEBER K, ANDO Y. Liquid fertilizer derived blood of butchered-animal: JP, C05F001/00. JP632172651[P]. 1990-03-05.