

大蒜素和肉桂醛在水产饲料中的应用

李雪梅¹, 卢雪旒¹, 王兴强^{1*}, 李庆国², 茆丹婷², 李国斌³, 王会³, 刘金彩³ (1. 江苏海洋大学海洋科学与水产学院, 江苏连云港 222005; 2. 连云港旺岛旅游开发有限公司, 江苏连云港 222000; 3. 临沂宝力佳食品有限公司, 山东临沂 276000)

摘要 大蒜素和肉桂醛是一种具有特殊生理功能的植物源天然抗菌剂, 近年来作为饲料添加剂在畜禽安全生产中有着重要的意义。从抗菌消炎、促进生长、提高畜产品品质、提高机体免疫力以及防止饲料霉变等方面, 综述了大蒜素和肉桂醛替代抗生药的研究进展, 以期为大蒜素和肉桂醛在水产饲料中的开发应用提供参考。

关键词 大蒜素; 肉桂醛; 抗生素; 水产饲料

中图分类号 S963 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)02-0012-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.02.004



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Application of Allicin and Cinnamaldehyde Compound in Aquatic Feed

LI Xue-mei, LU Xue-ni, WANG Xing-qiang et al (College of Marine Science and Fisheries, Jiangsu Ocean University, Lianyungang, Jiangsu 222005)

Abstract Allicin and cinnamaldehyde are natural antimicrobial agents of plant origin with special physiological functions. Progress on the substitution of allicin and cinnamaldehyde for antibiotics was reviewed from the aspects of antibacterial and anti-inflammatory, promoting growth, improving quality of animal products, improving immunity of organism and preventing mildewy feed, so as to provide references for the development and application of allicin and cinnamaldehyde in aquatic feed.

Key words Allicin; Cinnamaldehyde; Antibiotic; Aquatic feed

21 世纪国家水产养殖业发展迅速, 在水产动物饲料方面的研究也越来越多, 在当前水产动物饲料中, 植物原料的添加比例越来越高, 但其在自然环境中非常容易滋生真菌。许多真菌都会产生霉菌毒素, 而被霉菌毒素污染的饲料对水产动物的健康生长发育有很大影响^[1]。随着高密度的水产养殖, 水产动物疾病呈多发、复杂状态, 生存环境恶化。由于治疗鱼病等原因, 人为在饲料中添加大量抗生素, 这种方式带来了一系列问题, 比如药物残留、耐药性及其毒副作用等。新型饲料添加剂是一种抗生素替代物, 它相比抗生素既安全又有效, 同时还具有改善生产性能、降低细菌耐药性产生程度、增强水产动物的抗病能力和提高机体系统免疫力等特点^[2-3]。为了保持人畜的健康及经济效益, 寻找替代抗生素的饲料添加剂非常重要。近年来大蒜素和肉桂醛作为抗生素替代物在水产和畜禽等饲料行业得到了广泛的开发利用。

1 大蒜素和肉桂醛的概述

大蒜是香辣调料, 也是一种药用食材, 具有丰富的营养价值, 作为一种天然抗生素被广泛使用。大蒜对生物机体具有诸多良好作用, 比如提高免疫力、杀菌消毒、消除炎症和改善心血管等疾病等^[4-5]。这些功能源于大蒜含有的大量有机硫化物, 研究表明大蒜的主要活性物质为大蒜素(allicin), 提取自大蒜的球形鳞茎, 是一种具有挥发性的油状黏稠物。其味道辛辣, 具有强烈的大蒜臭, 主要构成成分为二烯丙基硫醚, 是蒜氨酸催化蒜氨酸生成的物质。当大蒜素遇上热碱时会处于不稳定状态, 但是若处于酸性环境下就是稳定状

态^[6-7]。大蒜素具有天然性以及安全性高的特点, 是近年来开发的一种新型饲料添加剂。这种大蒜素新型饲料添加剂在动物体内不残留、不产生耐药性, 对于动物机体具有提高系统免疫力、促进机体生长发育、增进食欲、诱香等作用。

肉桂醛(cinnamaldehyde)又被称为桂皮醛, β -苯丙烯醛, 3-苯基-2-丙烯醛, 其分子式为 $C_6H_5CH=CHCHO$, 源于肉桂树的次生代谢产物肉桂精油, 是一种天然产物并且是含有醛基的芳香类化合物。其色为浅绿黄色或微黄色或无色, 其状态类似于油, 很难溶解于水和甘油, 但是易于溶解在乙醇和乙醚中。肉桂醛味甜且辣并伴有强烈的灼烧感, 气味较多偏向于桂皮油和肉桂油特有的香气, 和肉桂酸为肉桂挥发油中主要药效成分, 含量高达 70%^[8-10]。肉桂醛具有抗菌消炎、抗氧化、防癌抗癌、降血糖等生物活性和代谢能力强、无污染、不易产生耐药性等优点, 被看作是一种新开发的环境友好型饲料添加剂^[11-12]。

2 大蒜素和肉桂醛的抗菌消炎作用

大蒜素是一种广谱抗菌药物, 其所具有的活性成分三硫二异丙基, 有着能够抑制肠道病原微生物、抑制革兰氏阴性和阳性细菌、平衡肠道菌群的作用^[13]。符林瑜等^[14]研究发现, 当大蒜素浓度达到 128 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时, 对白色念珠菌表面生物膜的形成具有明显的抑制作用。杨斌等^[15]临床研究发现, 大蒜素对沙门氏菌和大肠杆菌所导致的水生动物疾病, 以及草鱼出血病和细菌性烂鳃等传染病有着高效的治疗作用。同时也能有效地抑制消灭鱼类的致病细菌, 达到卓有成效地预防治理鱼类的病症, 比如出血症、肠炎病、鳃腐病、赤皮病和暴发性流行病, 以及显著提升鱼类生长发育水平和成活率的目的, 是现在防治鱼病的较好药物之一^[16]。

肉桂醛对于诸多细菌的活性具有良好的抑制作用, 例如炭疽杆菌、霉菌、产气杆菌、霍乱弧菌、变形杆菌、肺炎球菌、

基金项目 江苏省科技厅政策引导类计划“苏北科技专项”(LYG-SZ201924); 江苏省研究生培养创新工程研究生科研与实践创新计划(SJXC20_1284)。

作者简介 李雪梅(1995—), 女, 江苏仪征人, 硕士研究生, 研究方向: 水产动物增养殖。*通信作者, 教授, 博士, 从事水产动物增养殖研究。

收稿日期 2021-05-16

肠炎沙门氏菌、芽孢杆菌等,而且对于革兰氏阳性菌肉桂醛具有非常显著的活性抑制效果,所以肉桂醛可以被用来进行若干种细菌性疾病的治疗^[17-18]。关于肉桂醛抑菌的机制,有研究发现它对细菌的细胞壁中葡聚糖和几丁质的合成过程有着特异性破坏作用,当它在破坏细胞壁之后,就可以使药物进入内部破坏细胞器,最终消灭细菌,从而起到抑菌的作用^[19]。

还有一些研究提出,肉桂醛中的主要成分会导致细菌细胞膜的稳定性降低,干扰细菌的正常生长代谢和酶促反应,降低细菌的生物活性,并抑制微生物的生长^[10,20]。当肉桂醛溶液浓度为 125.00、250.00 mg/mL 时对副溶血弧菌、哈氏弧菌和迟缓爱德华氏菌 3 种海水中常见的致病菌具有强烈的抑制作用,能够防治常见的鱼病^[21]。

3 大蒜素和肉桂醛促进生长、提高品质的特性

大蒜素的独特香气能够改善饲料的风味,增加水产动物肠胃蠕动,刺激肠黏膜和胰腺消化酶的活性,促进脂肪代谢而降低鱼体胆固醇含量,从而提高鱼体蛋白质含量和肌肉品质,长期投喂大蒜素能有效地增加水产动物的摄食、促进吸收营养、改善水产品品质^[22]。同时具有杀菌、驱赶蚊虫的作用,改善了动物生长环境,减少了药物使用和疾病的发生,进而提高了饲料转化率和降低药物对动物生长的不良影响^[13,23]。在罗非鱼的人为培育幼苗的过程中,大蒜素的添加量仅仅达到 50 mg/kg 的水平就可以提高罗非鱼的成活率、饵料系数、总产量等^[24]。在草鱼的饲料中掺混些许大蒜素,便可降低饵料系数、提高成活率^[16]。将剂量水平分别为 25、50、75、100 mg/kg 的大蒜素添加到淡水白鲢鱼的饲料中,发现白鲢鱼的增重率分别提升了 57.49%、91.25%、101.26%、87.74%,而白鲢鱼肌肉中的粗蛋白含量分别提高了 3.82%、6.00%、17.69%、18.38%,与此同时粗脂肪含量分别降低了 5.74%、3.95%、2.75%、1.24%。综合以上结果,研究发现大蒜素的最佳添加量为 51.86~74.15 mg/kg^[25]。大蒜素可有效降低卵形鲳鲈中不饱和脂肪酸的含量,增加其肌肉中的氨基酸含量,进而显著提高卵形鲳鲈的营养价值和肌肉品质^[26]。

Tiihonen 等^[27]在肉鸡饲料中添加肉桂醛,能控制肉鸡肠道菌群组成和活性,改善肠壁形态结构和消化道健康状况,促进消化吸收,增强鸡的免疫力,提高肉鸡生产性能。在蛋鸡的饲料中添加肉桂醛也可以提高蛋鸡性激素分泌水平和采食量,继而提高蛋鸡的产蛋能力、降低料蛋比^[23,28]。肉桂醛能够增强仔鸡的抵抗力、促进生长,其效果好于抗生素,且仔鸡对于肉桂醛的依赖很小^[29]。

4 大蒜素和肉桂醛对机体免疫力的提高作用

大蒜素对于提高机体免疫力的机制在于先提高单核细胞的分泌水平,进而增强溶菌酶的活性,然后将细菌细胞壁中的粘多糖进行水解处理,最终杀灭细菌细胞,达到增强机体抗感染力和非特异性免疫力的目的^[30]。此外,抗体与外毒素的特异性结合可以使其毒性作用消失,增强体液免疫能力。日粮中添加大蒜素能有效刺激草鱼的免疫系统,增强了鱼体免疫保护力,减少与外界病原接触感染机会,从而有效

预防疾病的发生^[16]。分别添加 25、50、75、100 mg/kg 的大蒜素到淡水白鲢的饲料中,使白鲢鱼成活率提高 8.13%、2.09%、7.50%、14.59%、14.59%^[15]。

肉桂醛对于提高机体免疫力的机制在于它先行在肠道内被分解,分解产生营养物质能够为生物体提供必要的营养,然后刺激乳酸菌的产生,进而增加血清中的 IgG 的浓度,可以加速机体的血液循环、增强 T 淋巴细胞的转化率、提高白细胞的吞噬能力,最终能够抑制炎症因子的释放、调节炎症相关通路以及增强机体免疫力^[10]。Lee 等^[31]通过饲料中添加肉桂醛,能改变肉鸡的免疫系数,增加生物体的机体系统免疫力,并且在预防治疗禽类虫病方面发挥重要作用。

5 大蒜素和肉桂醛的诱食增香功能

各种类型水生动物在各个阶段的营养需要皆有不同,而为了满足它们的需要,在饲料生产过程中经常会添加一定比例的特殊营养或者药物,其中的许多物质对水生动物具有刺激作用,并且会大大降低水产饲料的适口性,导致水生动物的进食欲望被减弱,因此会在一定程度上减少水生动物的摄食量^[32]。配制一定比例的大蒜素添加在饲料中,能够缓解刺激作用,改善饲料口感,提高饲料适口性,避免水生动物摄食量的下降,提高饵料系数,降低饲养成本^[33]。大部分动物尤其是鱼类对于大蒜素的味道十分喜爱,所以为了达到提高鱼类食欲和采食量的目的,使用掺混大蒜素的饲料是可行的。实践证明,大蒜素对于鲤科鱼类来说,特别是对草鱼具有促进生长发育、抗肠道疾病以及提高摄食水平的作用,因此它在草鱼商品饲料的生产过程中已经应用得十分广泛,但是如果想要应用在鲶鱼等肉食性水产动物的饲料中应当谨慎^[34]。

肉桂醛因其较强的桂皮油和肉桂油的香气可作为饲料的风味添加剂,不仅能够提高饲料的风味,还能改善饲料的品质。75 mg/kg 肉桂醛水溶液对黄颡鱼有较强的诱食效果,集鱼效果最佳^[32]。

6 展望

大蒜素和肉桂醛是近年来主要研究与开发的天然无公害的植物提取物。大蒜素和肉桂醛作为抗生素的理想替代品之一,在水产饲料中的具有抗菌、消炎、促进生长效率、提高产品质量、增强机体免疫力以及防止饲料霉变免疫力等生物学作用,安全性高。正确合理地使用大蒜素和肉桂醛既可以防治鱼病,也能节支增收,降低环境污染,保护人体的健康。大蒜素和肉桂醛具有良好的药用和保健作用,但是如何提高大蒜素和肉桂醛的提取率并保留有效成分、如何提高大蒜素肉桂醛的稳定性等问题还有待进一步研究和解决。今后应进一步研究大蒜素和肉桂醛的生物活性及作用机制,使其共同提高水生动物的生长性能和抗病性,取代抗生素广泛应用于水产养殖。

参考文献

- [1] 彭宏宇,刘立鹤.水产饲料中霉菌毒素对鱼类的影响及解决策略[J].当代畜牧,2019,(5):64-67.
- [2] 姚蒙蒙,李仲玄,王晓冰,等.常用饲用抗生素替代物研究进展[J].饲料工业,2019,40(8):61-64.

- [3] 邓留坤,董滢.中草药添加剂在动物生产中的应用[J].畜牧与饲料科学,2013,34(Z1):50-53.
- [4] 刘肖,周才琼.大蒜含硫化合物及在加工中的变化机理研究进展[J].食品与发酵工业,2019,45(5):282-288.
- [5] 余松筠.大蒜及其提取物在食品加工中的应用研究进展[J].江苏调味品副食品,2019,36(1):3-6.
- [6] ANDUALEM B. Combined antibacterial activity of stingless bee (*Apis mellipodae*) honey and garlic (*Allium sativum*) extracts against standard and clinical pathogenic bacteria[J]. Asian Pacific journal of tropical biomedicine, 2013, 3(9): 725-731.
- [7] 商春峰,周一冉,付彤.大蒜中蒜氨酸及大蒜素检测方法研究进展[J].现代食品,2018(10):36-39.
- [8] 陈帅,高彦祥.肉桂醛的调味、保鲜及稳态化研究进展[J].中国调味品,2019,44(2):156-159,167.
- [9] 侯小涛,郝二伟,秦健峰,等.肉桂的化学成分、药理作用及质量标志物(Q-marker)的预测分析[J].中草药,2018,49(1):20-34.
- [10] 孙罗美,邹胜龙.肉桂醛的研究与应用[J].广东饲料,2012,21(12):29-32.
- [11] 刘琳琪,赵晨曦,李菁凤,等.桂皮活性成分的微波萃取工艺与抗氧化作用[J].现代食品科技,2017,33(11):127-133,271.
- [12] 林红强,周柏松,谭静,等.肉桂的化学成分、药理活性及临床应用研究进展[J].特产研究,2018,40(2):65-69.
- [13] 张伟,付朝晖,刘公言,等.大蒜及其副产物的主要功效以及在动物生产中的应用[J].饲料研究,2019,42(1):126-128.
- [14] 符林瑜,林景,徐博寰.大蒜素体外抗白念珠菌生物膜作用的实验研究[J].山西医科大学学报,2019,50(4):456-460.
- [15] 杨斌,付刚果,谭艳,等.大蒜制剂在兽医临床上的应用[J].中兽医学杂志,2018(3):44-45.
- [16] 肖家顺.大蒜素/陈皮复方制剂对草鱼生长及免疫性能的影响[D].福州:福建农林大学,2010.
- [17] 余拓,叶蔚娴,王娟.肉桂提取液的抗菌效果研究及肉桂洗洁精开发[J].日用化学工业,2018,48(1):42-46.
- [18] 王帆,杨静东,王春梅,等.肉桂醛对大肠杆菌和绿脓杆菌的作用机制[J].江苏农业学报,2011,27(4):888-892.
- [19] XING F G, HUA H J, SELVARAJ J N, et al. Growth inhibition and morphological alterations of *Fusarium verticillioides* by cinnamon oil and cinnamaldehyde[J]. Food control, 2014, 46: 343-350.
- [20] 卢杨柳.肉桂醛对食源性致病菌的抑制动力学模型及其作用机制[D].郑州:河南农业大学,2016.
- [21] 康昌源,王庆奎,王静波,等.肉桂醛脂质体对3种水产动物致病菌抑菌效果比较[J].江苏农业科学,2018,46(18):176-178.
- [22] 张耀武,郑建武.大蒜素和杜仲复合添加剂对鲤鱼生长性能和肌肉品质的影响[J].科学养鱼,2010(2):65-67.
- [23] 白建.日粮添加大蒜粉对蛋鸡产蛋性能的影响[J].畜牧与兽医,2018,50(7):33-36.
- [24] 杨丽.大蒜素在罗非鱼鱼苗培育中的应用试验[J].河北渔业,2009(7):36-37.
- [25] 向泉,刘长志,周兴华.大蒜素对淡水白鲢生长影响的研究[J].水产科技情报,2002,29(5):222-225.
- [26] 汪先进,袁星,翟哲,等.饲料添加剂对卵形鲳鲹肌肉品质的影响[J].水产科技情报,2016,43(4):185-189,194.
- [27] TIHONEN K, KETTUNEN H, BENTO H M L, et al. The effect of feeding essential oils on broiler performance and gut microbiota[J]. British poultry science, 2010, 51(3): 381-392.
- [28] 王文利,张玉仙,曹靖,等.不同浓度的大蒜素对蛋鸡血液抗氧化能力和性激素水平的影响[J].中国兽医杂志,2018,54(12):102-105.
- [29] 周明,吴东,王孟春,等.肉桂醛替代肉用仔鸡日粮中抗生素的使用效果[J].中国农业大学学报,2019,24(4):94-101.
- [30] 高红梅,王明学.大蒜素及其在水产健康养殖中的应用[J].饲料工业,2004,25(10):55-57.
- [31] LEE S H, LILLEHOJ H S, JANG S I, et al. Effects of dietary supplementation with phytonutrients on vaccine-stimulated immunity against infection with *Eimeria tenella*[J]. Veterinary parasitology, 2011, 181(2/3/4): 97-105.
- [32] 刘稳.四种香精对黄颡鱼幼鱼的诱食、生长及NPY基因表达量的影响[D].武汉:武汉轻工大学,2017.
- [33] 胡晖.新型饲料添加剂大蒜素的应用研究[J].江西饲料,2009(6):20-22.
- [34] 许国焯,丁庆秋,王燕.几种诱食剂对大口鲶摄食效果的影响[J].水利渔业,2000,21(2):40-41.

(上接第4页)

- [58] REDDY B V B, KALLIFIDAS D, KIM J H, et al. Natural product biosynthetic gene diversity in geographically distinct soil microbiomes[J]. Applied & environmental microbiology, 2012, 78(10): 3744-3752.
- [59] 杨子文.沙特阿拉伯沙漠可培养放线菌多样性及抗菌活性的研究[D].广州:中山大学,2018:36-39.
- [60] 夏占峰.新疆极端环境放线菌多相分类及抑菌活性物质研究[D].武汉:华中农业大学,2015:74-90.
- [61] 李靖宇,张肖冲,陈韵,等.腾格里沙漠东南缘藻结皮与藓结皮放线菌多样性及其潜在代谢功能[J].生态学报,2020,40(5):1590-1601.
- [62] 李亚美,布合力其汗·白克力,鲍洁,等.西藏仲巴五彩沙漠放线菌资源勘探及生物活性筛选[J].微生物学通报,2018,45(8):1651-1660.
- [63] 杨昊天,王增如,贾荣亮.腾格里沙漠东南缘荒漠草地不同群落类型土壤有机碳分布及储量特征[J].植物生态学报,2018,42(3):288-296.
- [64] 张文婷,张秋丽,冀媛媛,等.特殊生境中植物枯、黄萎病拮抗放线菌的筛选及鉴定[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(9):187-192.
- [65] 尹明远,何建清,张格杰.西藏低温放线菌的多样性及其生物活性[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(6):221-227,234.
- [66] 徐新亚,杨宏,宁小清,等.北部湾海洋微生物物种多样性与化学多样性研究进展[J].广西科学,2020,27(5):433-450,461.
- [67] TENG Y F, XU L, WEI M Y, et al. Recent progresses in marine microbial-derived antiviral natural products[J]. Archives of pharmaceutical research, 2020, 43(12): 1215-1229.
- [68] 陈川,刘佳萌,蒋忠科,等.塔克拉玛干沙漠植物来源放线菌抗铜绿假单胞菌活性的筛选及菌株38-7L-1活性产物的研究[J].中国抗生素杂志,2015,40(2):81-87,115.