

肉桂醛的生物活性功能及其在畜禽中的应用

何国戈 葛影影 郑经成 胡克科 别又才

广东省清远市农业科技推广服务中心,广东清远 511500

摘要 肉桂醛是从植物中提取或者化学合成出来的带有芳香气味的挥发性物质,具有抑菌、抗氧化、抗炎、抗肿瘤、调节糖脂营养代谢等生物活性功能。肉桂醛在动物饲料中的应用日益广泛,可用于调节机体营养代谢、提高动物生长性能、改善机体氧化应激以及降低疾病发生率。本文综述了肉桂醛的理化特性、来源和应用、主要生物学功能及其在畜禽养殖生产中的应用,为促进肉桂醛在畜禽养殖中的合理利用提供参考。

关键词 肉桂醛;抑菌;抗氧化;免疫;畜禽

1 肉桂醛的理化特性

肉桂醛(cinnamaldehyde, CA)是一种苯丙烯类含醛有机化合物,通常称为桂皮醛或苯丙烯醛,化学名称为3-苯基-2-丙烯醛。大量存在于肉桂等植物体内,可采用物理或化学方法从肉桂中提取^[1]。CA为无色或淡黄色黏稠状液体,熔点为-7.5℃,有浓厚的桂皮油和肉桂油的香气,以及温和的辛香气味,难溶于水、甘油和石油醚,易溶于乙醇和乙醚。在强酸性或者强碱性介质中不稳定,易导致变色,在空气中易氧化。肉桂醛分子式为 C_9H_8O ,相对分子质量为132.16,有顺式和反式2种异构体,现商用的桂醛,无论是天然的或者是合成的桂醛,都是反式体。

2 肉桂醛的来源和应用

CA主要是通过植物天然提取和化学合成获得,天然存在于肉桂油、桂皮油、藿香油、风信子油和玫瑰油等精油。天然肉桂挥发油常用的提取方法有水蒸馏法、微波提取法、生物酶提取法、超声波辅助提取法等。据报道,采用先水蒸馏提取,后气相色谱-质谱联用技术分析,结果发现,肉桂精油中含有的反式肉桂醛含量高达92.10%,且具有抗炎镇

痛的良效^[2]。陈钰锡等^[3]试验发现,无溶剂微波萃取法具有提取效率高、获得率高及产品质量高等优点,是一种理想的提取工艺。CA也可通过人工化学合成,人工合成方法多样,有苯甲醛-丙酮法、苯甲醛-醋酸法、苯乙烯- CO_2 法等,其中以苯甲醛和乙醛为原料,采用无催化剂的缩合反应法是被广泛认为的一种绿色无害的合成方法。CA应用领域较为广泛,重点应用于疾病治疗、食品加工、保鲜防腐、动物饲料添加剂以及化工等方面。

3 肉桂醛主要生物学功能

3.1 抑菌作用

研究发现,CA对细菌和真菌均表现出较好的抑制和杀灭效果,且抑菌作用稳定性好。CA主要通过破坏菌体正常形态完整性,增加细胞膜和细胞壁的通透性来抑制菌体正常生长和蛋白质代谢。何学文等^[4]发现,CA对鼠伤寒沙门氏菌表现出一定的生长抑制作用。肉桂醛对常见的病原微生物的生长有很大影响。祁姣姣等^[5]研究表明,CA对大肠杆菌、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌的生长表现出较强的抑制活性,最低抑菌浓度均为250 mg/mL。王帆等^[6]发现,CA通过影响李斯特菌细胞通透性和细

胞蛋白质代谢以及生物膜形成,表明肉桂醛对李斯特菌有着明显的抑菌活性。众所周知,黄曲霉在食品和饲料行业的加工、储存、运输等环节易产生,且危害性较大。孙琦^[7]发现,肉桂醛可以通过长时胁迫作用引起黄曲霉菌丝细胞氧化应激,活性氧(ROS)含量增加,细胞通透性增强,以及影响黄曲霉菌相关基因的转录与表达,从而抑制黄曲霉菌丝生长和毒素产生。赵云等^[8]试验发现,CA和肉桂提取物可通过破坏白色念珠菌的胞膜和胞壁的完整性,影响蛋白表达水平,抑制细菌蛋白质合成而实现抑菌功效。

3.2 抗炎作用

炎症反应是动物机体组织器官损伤的重要诱因之一。何新新^[9]发现,肉桂醛能够减少自身免疫性小鼠脑脊髓炎小鼠外周和中枢神经分泌低水平的炎症因子,缓解炎症程度。马克龙等^[10]研究指出,CA可以通过抑制白色念珠菌(*Candida albicans*,Ca)细胞增殖,影响蛋白表达水平和调节 dectin-1/TLRs/NF- κ B 信号通路,以及协调促炎和抗炎因子间的平衡,从而改善和治疗 Ca 定植下的葡聚糖硫酸钠(dextran sulfate sodium,DSS)诱导的小鼠溃疡性结肠炎反应(ulcerative colitis,UC),缓解肠道炎症损伤。

3.3 抗氧化作用

众多研究表明,氧化应激产生的 ROS 会严重损害机体蛋白质和脂质的正常生理代谢功能,从而引发机体各种疾病、衰老以及死亡。肉桂醛在体内外的抗氧化能力强。李旷代等^[11]研究指出,CA 能通过提高小鼠胰腺组织抗氧化酶活性类清除 ROS 等自由基,进而降低 db/db 小鼠血糖水平,同时保护小鼠胰腺组织免受氧化损伤。Sivakumar 等^[12]研究显示,CA 可改善大鼠肾脏抗氧化性能,提高肾脏组织 SOD 和 GSH-Px 活性,对大鼠肾脏氧化损伤起到保护作用。Castillo 等^[13]试验表明,肉桂醛抗氧化功能较强,能保护肠黏膜免受毒素和氧化自由基等的损伤,以及促进大肠绒毛高度的增加。

3.4 调节糖脂代谢功能

肉桂醛对机体营养代谢,特别是糖脂代谢具有重要调节作用。李鸣一等^[14]研究发现,CA 能通过调节糖尿病大鼠腓肠肌胰岛素受体底物 1(IRS-1)和磷脂酰肌醇 3 激酶的蛋白表达水平,来降低大鼠的血脂血糖。黄江燕^[15]试验表明,CA 可通过下调高糖诱导大鼠 ERK 信号通路中相关蛋白的磷酸化活性

表达水平,来发挥抗高糖作用。Tamura 等^[16]研究表明,CA 主要通过刺激褐色脂肪组织中的解偶联蛋白-1 的活化,促进脂肪酸氧化,降低内脏脂肪沉积量,起到降脂作用。Kopp 等^[17]发现,CA 可通过促进脂联素分泌和调节 AMPK 活化的途径,促进脂肪酸氧化,降低血糖水平,改善机体营养代谢。

3.5 驱虫杀虫作用

肉桂醛可以驱除抑制植物病虫害,有效保护植物生长或饲料的安全和营养价值。另外,肉桂醛对畜禽体内外的寄生虫病也具有较好的驱除杀灭作用。崔沂等^[18]发现, α -溴代肉桂醛对 3 龄棉铃虫幼虫生长发育具有显著的抑制杀灭作用。Lee 等^[19]在感染艾美尔球虫的肉鸡饲料中添加肉桂醛成分,结果发现肉鸡生长良好,增重明显,排泄物中的球虫卵囊显著减少。可见,肉桂醛对鸡球虫病的防治有促进作用。

4 肉桂醛在畜禽养殖中的应用

4.1 在家禽养殖中的应用

在家禽养殖中,肉桂醛被广泛用于促进生长、提高饲料转化率、增强机体抗氧化应激能力和免疫功能。周明等^[20]研究发现,在肉鸡基础日粮中添加不同水平的肉桂醛预混剂,发现肉桂醛对肉鸡生长具有良好的促进作用,可以改善营养生化代谢功能,同时还能够提高鸡只免疫机能以及提升鸡肉品质,生产中以 80~120 mg/kg 添加量使用效果最好。宋文静等^[21]研究指出,高温热应激条件下,在肉鸭基础日粮中添加 200 mg/kg 包被肉桂醛可以显著提高肉鸭血清的超氧化物歧化酶(SOD)活性,降低血清丙二醛(MDA)水平,一定程度缓解热应激对肉鸭机体损伤,提高机体抗氧化保护能力。此外,肉桂醛还可以显著提高空肠高度和空肠高度/隐窝深度,对肠道形态无不良影响,可保护肠黏膜健康,促进肠道对养分的消化吸收。Hosseini 等^[22]研究指出,在肉鸡日粮中添加肉桂醛等植物精油能改善肠道菌群平衡,有效调节热休克蛋白基因的表达,缓解热应激反应,改善鸡体生长性能和免疫机能。肉桂醛因其具有良好的抑菌杀菌作用,已用于家禽疾病治疗和预防保护。Jamroz 等^[23]发现,肉桂醛可促进肉鸡消化道益生菌增殖,降低大肠杆菌对肠道的危害,降低肠道疾病发生率。娄飞^[24]研究指出,肉桂油(肉桂醛)口服液对鸡白痢沙门氏菌感染具有治疗作

用,且治疗剂量以 0.18 g/(kg·d)时,连续使用 10 d 的使用效果佳、安全性好。肉桂醛还可以提高机体抗体水平、促进免疫器官生长,保护机体健康。刘洋^[25]研究发现,肉桂醛能够提高鸡瘟抗体水平,并显著改善胸腺指数和脾脏指数。

4.2 在生猪养殖中的应用

在生猪养殖中,肉桂醛被广泛用于提高动物生长性能和免疫功能、以及改善肉品质。吴东等^[26]研究表明,在育肥猪日粮中添加 500 g/t 肉桂醛制剂,可以显著提高猪只日增重和提高机体抗氧化能力,改善机体营养代谢状况,降低料肉比,增强猪只免疫功能。周明等^[27]利用 600 mg/kg 肉桂醛替代抗生素金霉素和杆菌肽锌添加在保育猪日粮中,结果发现,肉桂醛可以降低保育猪腹泻发病率,增强猪只抗氧化功能,促进猪只生长,提高饲料转化率。据申书婷^[28]研究报道,肉桂醛制剂能提高猪只生长性能、抗氧化性能和饲料报酬,另外,可以显著抑制肠道有害微生物,对生长初期仔猪腹泻发病具有良好的防治功能。

4.3 在反刍动物养殖中的应用

在反刍动物养殖中,肉桂醛被广泛用于提高动物生产性能,改善营养代谢和瘤胃发酵功能,以及降低致病菌感染率。焦延甫^[29]研究发现,在育成牛早期日粮中添加少量肉桂醛制剂可以改善肉牛的生长性能和缓解炎症应激反应。张成喜等^[30]试验表明,日粮中添加 CA 能显著提高奶牛血清中总蛋白和胰岛素含量,显著降低血清血糖和尿素氮含量,并显著提高其对饲料中主要营养物质的表观消化率,促进机体对养分的消化吸收,且 18 g/(d·头)的添加效果最佳。肉桂醛以复合方式在奶牛养殖中的使用较为普遍。丁大伟等^[31]研究比较发现,在奶牛日粮添加最适组合比例为牛至油(Oo)11.5 g/(d·头)、CA 21.0 g/(d·头),可以调节瘤胃不同菌群的生长代谢,对瘤胃微生物蛋白(MCP)产量和饲料主要养分表观消化率指标具有显著促进作用。Blanch 等^[32]研究显示,添加适宜浓度肉桂醛和大蒜油混合产品可以减少奶牛甲烷(CH₄)产量,调节瘤胃发酵特性,对泌乳牛适应 15 d 后的产奶量增加具有促进作用,以 300 mg/L 添加量对奶牛瘤胃发酵指标和产奶量效果最佳。肉桂醛因其广泛的抑菌抗菌活性,在奶牛疾病治疗中发挥重要作用。吴萍萍等^[33]研究指出,肉桂醛可以抑制杀灭奶牛乳房炎主要病原菌(金黄

色葡萄球菌、大肠杆菌、链球菌),尤其对链球菌的抑制作用最强,其抑菌效果明显优于乙醇,且机体未产生耐药性,有利于改善奶牛机体健康,提高牛乳产量和品质,也可用作临床治疗奶牛乳房炎的潜在药物。杨云燕等^[34]研究显示,肉桂醛在一定程度上降低奶公犊腹泻发病率。此外,关于肉桂醛在养羊生产中的研究报道较少。崔乔等^[35]研究指出,饲喂 CA 能调控肉羊瘤胃发酵功能,显著提高肉羊饲料主要营养物质有效降解率以及降低 CH₄ 排放量,其中添加量为 300 mg/kg 时使用效果最佳。

5 结 语

无抗养殖的提出,对畜牧业有一定的影响,寻找一种绿色、安全、无毒、高效的植物型饲料添加剂是行业发展的必然趋势。近年来,研究发现肉桂醛相关产品在我国畜牧业中具有良好的应用前景。肉桂醛因其广泛的生物学活性在动物营养、肉品质改善、抗氧化、免疫调节、疾病防治等方面发挥重要作用,但在畜牧养殖中的研究基础相对薄弱,肉桂醛在动物体内的生物功能作用机制尚未完全明确,相关产品质量标准参差不齐,一定程度上影响肉桂醛相关产品在畜牧业中的推广应用。

参 考 文 献

- [1] 王孟春. 肉桂醛和牛至油在肉仔鸡中应用效果的研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2018.
- [2] 艾勇,朱思阳,艾艳. 肉桂挥发油的提取方法与抗炎镇痛作用研究[J]. 广东化工,2020,47(15):50-53,56.
- [3] 陈玉锡,张俊丰,李源栋,等. 无溶剂微波萃取肉桂精油及成分分析[J]. 现代食品科技,2021(6):1-9.
- [4] 何学文,戴雨芸,李欣越,等. 肉桂醛体外对鼠伤寒沙门氏菌的抑菌机制[J]. 江西农业大学学报,2020,42(1):150-156.
- [5] 祁姣姣,朱剑锋,周海泳,等. 中链脂肪酸与肉桂醛联合使用的抑菌特性与机制研究[J]. 中国饲料,2018(8):6-13.
- [6] 王帆,刘小莉. 植物源化合物肉桂醛对单核细胞增生李斯特氏菌的抑制作用[J]. 江苏农业科学,2020,48(24):194-197.
- [7] 孙琦. 肉桂醛对黄曲霉菌生长和产毒的影响机制研究[D]. 北京:中国农业科学院,2016.
- [8] 赵云,周涛,刘玉露. 香辛料提取物对白色念珠菌的抑制及工艺优化研究[J]. 食品工业科技,2012,33(18):286-

- 289, 294.
- [9] 何新新. 肉桂醛影响实验性自身免疫性脑脊髓炎小鼠炎症反应的研究[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2020.
- [10] 马克龙, 韩志君, 潘敏, 等. 肉桂醛对白念珠菌定植下 DSS 诱导的溃疡性结肠炎小鼠治疗作用及对 dectin-1/TLRs/NF- κ B 信号通路的影响[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(13): 3211-3219.
- [11] 李旷代, 常柏, 顾志敏, 等. 肉桂醛对 db/db 小鼠胰腺抗氧化能力的影响[J]. 中国糖尿病杂志, 2016, 24(8): 738-741.
- [12] SIVAKUMAR J T, GOWDER H D. Effect of the food flavour cinnamaldehyde on the antioxidant status of rat kidney[J]. Basic & clinical pharmacology & toxicology, 2006, 99(5): 128-135.
- [13] CASTILLO M, MARTIN-ORUE S M, ROCA M, et al. The response of gastrointestinal microbiota to avilamycin, butyrate, and plant extracts in early-weaned pigs[J]. Journal of animal science, 2006, 84(10): 36-42.
- [14] 李鸣一, 徐焱成, 张维. 肉桂醛对糖尿病大鼠腓肠肌 IRS-1 和 P85 α 表达的影响[J]. 武汉大学学报(医学版), 2009, 30(6): 723-726, 731.
- [15] 黄江燕. 肉桂醛对高糖环境下大鼠心肌成纤维细胞增殖及胶原蛋白分泌的影响和机制[D]. 南昌: 南昌大学, 2013.
- [16] TAMURA Y, IWASAKI Y, NARUKAWA M, et al. Ingestion of cinnamaldehyde, a TRPA1 agonist, reduces visceral fats in mice fed a high-fat and high-sucrose diet[J]. Center for academic publications Japan, 2012, 58(1): 89-96.
- [17] KOPP C, SINGH S P, REGENHARD P, et al. Trans-cinnamic acid increases adiponectin and the phosphorylation of AMP-activated protein kinase through G-protein-coupled receptor signaling in 3T3-L1 adipocytes[J]. International journal of molecular sciences, 2014, 15(2): 118-126.
- [18] 崔沂, 胡泳华, 石艳, 等. α -溴代肉桂醛对酪氨酸酶的抑制动力学及其杀虫作用[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2017, 56(5): 659-664.
- [19] LEE S H, HYUN S L, SEUNG I J, et al. Cinnamaldehyde enhances in vitro parameters of immunity and reduces in vivo infection against avian coccidiosis[J]. British journal of nutrition, 2011, 106(6): 216-221.
- [20] 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.
- [21] 宋文静, 韦启鹏, 赵品, 等. 包被肉桂醛对夏季高温条件下肉鸭生长性能、屠宰性能、血清抗氧化指标及空肠形态结构的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32(3): 1188-1195.
- [22] HOSSEINI S M, FARHANGFAR H, NOURMOHAMMADI R. Effects of a blend of essential oils and overcrowding stress on the growth performance, meat quality and heat shock protein gene expression of broilers[J]. Taylor & Francis, 2018, 59(1): 78-83.
- [23] JAMROZ D, WILICZKIEWICZ A, WERTELECKI Tet al. Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and locally grown cereals[J]. British poultry science, 2005, 46(4): 65-71.
- [24] 娄飞. 肉桂油口服液的研制及其在鸡白痢沙门氏菌病治疗中的应用[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- [25] 刘洋. 肉桂醛对肉鸡生产性能、肠道微生物及肠道结构的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2014.
- [26] 吴东, 杨家军, 周学利, 等. 肉桂醛替代饲用抗生素对肥育猪生长性能、血清免疫指标及肠道菌群的影响[J]. 养猪, 2020(3): 53-56.
- [27] 周明, 王恩典, 汪炳红, 等. 肉桂醛替代保育猪饲料中金霉素和杆菌肽锌[J]. 动物营养学报, 2016, 28(7): 2106-2112.
- [28] 申书婷. 肉桂醛替代猪饲料中抗生素类饲料添加剂效果的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2015.
- [29] 焦延甫. 肉桂醛在育成肉牛生产上的应用研究[J]. 饲料广角, 2011(14): 27-31.
- [30] 张成喜, 滕乐帮, 刘晓, 等. 肉桂醛对奶牛血液生化指标和养分消化率的影响[J]. 中国饲料, 2017(15): 8-11.
- [31] 丁大伟, 徐小强, 高许雷, 等. 牛至油和肉桂醛添加组合对奶牛瘤胃微生物蛋白产量与养分消化率的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2019, 55(9): 76-80.
- [32] BLANCH M, CARRO M D, RANILLA M J, et al. Influence of a mixture of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen fermentation, feeding behavior and performance of lactating dairy cows[J]. Animal feed science and technology, 2016(219): 87-92.
- [33] 吴萍萍, 沈亭海, 凌学士. 肉桂醛对奶牛乳房炎主要致病菌的抑制作用分析[J]. 中国饲料, 2018(2): 81-85.
- [34] 杨云燕, 王其炎, 彭地纬, 等. 日粮添加肉桂醛对奶牛公犊生长、健康及瘤胃发酵性能的影响[J]. 中国农业科学, 2021, 54(10): 2229-2238.
- [35] 崔乔, 郝小燕, 张宏祥, 等. 不同添加水平的肉桂醛对肉羊饲料营养物质瘤胃降解特性及体外瘤胃发酵参数的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(5): 2765-2775.

【责任编辑: 刘少雷】