

玉米赤霉烯酮脱毒以及植物精油 抑菌作用的研究进展

周英焕 冯雪莲 李留安 焦小丽*

天津农学院动物科学与动物医学学院/天津市农业动物繁育与健康养殖重点实验室,天津西青
300384

摘要 玉米赤霉烯酮(zearalenone, ZEA),又称F-2毒素,是由镰刀菌属(*Fusarium. Sp*)产生的自然界污染范围广泛的一种真菌毒素,玉米、大米、大麦、小麦、高粱等农作物均受其污染。ZEA具有类雌激素样等作用,对动物及人体健康造成严重危害。本文综述了ZEA的基本理化性质,毒性危害及脱毒方法,重点阐述了植物精油对ZEA的抑菌作用及研究进展。

关键词 玉米赤霉烯酮;脱毒;植物精油

1 玉米赤霉烯酮

玉米赤霉烯酮(zearalenone, ZEA),主要由多种镰刀菌属物种(如禾谷镰刀菌,枯萎镰刀菌和谷物镰刀菌)通过聚酮化合物途径进行生物合成的一种非甾体类雌激素性霉菌毒素^[1],主要存在于构成各种食品和饲料重要组成部分的玉米和其他谷类作物中,能被微生物、植物、动物和人体代谢成许多其他衍生物。由于ZEA给畜牧生产和食品工业带来巨大经济损失,且对人类和动物均具有重大危害。因此迫切需要有效的抑菌降解策略,以确保食品和饲料的安全与保障^[2]。

1.1 玉米赤霉烯酮的理化性质

Stob等于1962年首次从玉米中分离得到ZEA, Urry等于1966年测定确定了ZEA化学结构为一种酚的二羟基苯酸内酯结构化合物,其化学名为6-(10-羟基-6-氧基-十一碳烯基) β -雷锁酸内酯。因其具有和 β -雌激素类似的酚二羟基内酯化学结构,

因此ZEN及其不同的代谢物进入人和动物体后可竞争性地与机体内的雌激素受体结合,从而引发一系列毒性危害^[3]。并且ZEA根据其内酯环结构中C-1和C-6处的官能团的不同还具有5种结构衍生物,既可由ZEA经代谢转化产生也可在自然界中直接产生,其中 α -ZOL和 α -ZAL具有比ZEA更高的雌激素活性^[4]。

ZEA分子式 $C_{18}H_{22}O_5$,为白色晶体,可溶于碱性水溶液、苯、醇类、酸类等物质,微溶于石油醚,不溶于水、二硫化碳和四氯化碳。ZEA在236、274、316 nm处有紫外吸收峰,ZEA甲醇溶液在254 nm处短紫外光下照射时,呈现绿-蓝色荧光。其内酯结构可使ZEA在碱性环境条件下自行将酯键打开,碱浓度下降时酯键又可恢复^[5]。

1.2 玉米赤霉烯酮的毒性危害

ZEA污染范围广泛,在世界各地的谷物以及农副产品中都能检测到ZEA的存在,我国饲料卫生标准规定饲料中ZEA允许量 $<500 \mu\text{g}/\text{kg}$,食品安全国

收稿日期:2021-04-28

基金项目:天津市农业动物繁育与健康养殖重点实验室开放基金项目(2020zdkf01);天津市“131”创新型人才团队—“天津农学院功能性畜牧产品研发创新团队”建设项目(20180318);天津市科技重大专项与工程项目“蛋鸡健康养殖和蛋品质质量综合提升工程技术集成与示范”(18ZXBFNC00310)。

*通讯作者

周英焕,女,1998年生,本科生在读。

家标准规定食品中 ZEA 限量标准为 60 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ^[6]。

ZEA 在植物中的应激作用比天然存在的雌激素强,会导致种子发芽率显著降低、叶损伤和产量降低,给种植业造成巨大损失^[7]。体内外试验研究表明 ZEA 具有生殖毒性、免疫毒性、细胞毒性、遗传毒性等,从而导致畜禽繁殖力下降、生产性能降低、免疫抑制等问题,甚至可引起其他疾病的并发产生^[8]。ZEA 随动物采食经其污染的饲料进入人和动物体内产生雌激素效应而发挥其毒性作用,特别是对于雌性哺乳动物,会影响其乳房发育、抑制多倍排卵,使其生殖周期紊乱等^[9]。

1.3 玉米赤霉烯酮的脱毒方法

由于 ZEA 危害人畜健康,对被 ZEA 污染的饲料原料、食品等进行脱毒降解是研究热点。目前 ZEA 脱毒主要有物理、化学、生物等多种方法。物理和化学方法存在导致营养素流失或有新的污染物产生等问题,生物法因具有作用效率高、高特异性、脱毒更彻底且安全绿色环保等特性而成为去除饲料霉菌毒素的首选方法。去除 ZEA 有 2 种生物策略,一是使用生物真菌毒素吸附剂,如酵母细胞壁和一些乳酸细菌菌株,二是使用生物转化剂,如细菌、酵母菌、真菌和酶,将 ZEA 转化成较少或无毒的代谢物^[10]。目前要求在营养领域减少使用化学品作为抗菌剂,防止使用合成抗菌剂而产生耐药性等问题。从植物中提取物质,如水醇提取物或精油,可发挥抗菌剂的作用,植物精油脱毒具有广阔的应用前景。

2 植物精油

2.1 植物精油的主要成分及应用

植物精油是从芳香植物中提取的具有挥发性和浓郁香味的脂溶性天然化合物,是植物体次级代谢过程中的副产物,常见的富含精油的植物主要有唇形科、桃金娘科、木兰科和伞形科等。植物任何器官如叶、芽、花茎、果实、种子、木材、树皮和根都可以合成植物精油,并以小液滴的形式储存在植物表皮细胞、分泌细胞、腺毛和植物细胞壁中^[11],主要通过共水蒸馏、水蒸气蒸馏、压榨法等技术进行提取。

植物精油是由酮类、醛类、酯类、醇类、萜类、内酯和其他有机物质等 20~60 种不同的化合物组成的混合物^[12],因此具有多种功能特性,如抗氧化、抑

菌、抗癌抑瘤、保鲜、驱蚊防虫等,一直以来被广泛应用于食品、美容、医疗、农业等其他行业。自古以来,植物为各种药物的来源,是一种植物源天然产物中能对抗细菌、真菌等微生物的可替代化学抗菌剂的天然抗菌剂。研究表明,植物精油的主要成分包括酚类、萜烯类等可达 85%,其他成分以微量形式存在。植物精油活性主要取决于其成分组成、活性成分中官能团以及它们之间的协同作用。植物精油因酚类、萜烯类和醛酮类化合物而具有较强抑菌活性,醇类、酸类和烃类化合物也起到了一定抑菌作用,其抗菌作用机制因植物精油种类或所使用的微生物菌株而异^[13]。

2.2 植物精油对玉米赤霉烯酮的脱毒作用

研究表明植物精油能杀灭细菌真菌等微生物,对霉菌毒素有一定的脱毒效果^[14-15]。但植物精油对 ZEA 的抑菌降解研究较少,Perczak 等^[16]研究在温度、pH 等不同条件下,肉桂、柠檬、迷迭香等植物精油对 ZEA 的降解作用,结果表明精油种类对毒素降低效果有影响,除薰衣草油、百里香油和迷迭香油外,所有精油都能不同程度降低 ZEA 的浓度,且精油用量越大,培养时间越长,毒素降解率越高,但受精油种类和浓度影响而不同。其中柠檬精油的脱毒效果较为有效,ZEA 毒素含量在 24 h 和 72 h 后分别减少了 31.93% 和 46.46%。研究植物精油对小麦中包括 ZEA 在内的霉菌毒素的抑制降解作用,结果表明,植物精油抑制镰刀菌属真菌的生长,降低了 ZEA 浓度^[17]。

有研究显示,精油及其成分对病原微生物的抗菌机理主要是通过破坏微生物细胞壁或细胞膜结构、影响菌丝形态结构、降低或抑制孢子产生和萌发等途径达到抑菌作用,因此植物精油的抗菌活性涉及整个细菌细胞的级联反应^[18]。但缺乏有关精油作为降解因子的作用方式和单一成分发挥作用的数据,尚不能确定其确切作用机理。有关植物精油对 ZEA 脱毒及精油成分对 ZEA 的脱毒机制尚待进一步研究。

3 结 语

ZEA 是世界范围内污染最广泛的一种霉菌毒素,对畜禽和人类健康造成巨大危害。传统的脱毒技术易破坏营养成分,造成二次污染及产生耐药性等问题。植物精油作为一种新型冷杀菌技术,被认

为是环境友好型的“绿色农药”，是一种天然抗菌剂，符合人们追求“绿色健康”理念的需要，可降解微生物产生的有害次级衍生物，且对 ZEA 有一定的脱毒效果，植物精油作为 ZEA 的脱毒剂具有良好的应用前景。

参 考 文 献

- [1] KROL A, POMASTOWSKI P, RAFINSKA K, et al. Microbiology neutralization of zearalenone using *Lactococcus lactis* and *bifidobacterium*[J]. Anal bioanal chem, 2018, 410(3): 943-952.
- [2] MAHATO D K, DEVI S, PANDHI S, et al. Occurrence, impact on agriculture, human health, and management strategies of zearalenone in food and feed: a review[J]. Toxins (Basel), 2021, 13(2): 92.
- [3] FRUHAUF S, NOVAK B, NAGL V, et al. Biotransformation of the mycotoxin zearalenone to its metabolites hydrolyzed zearalenone (HZEN) and decarboxylated hydrolyzed zearalenone (DHZEN) diminishes its estrogenicity *in vitro* and *in vivo*[J]. Toxins (Basel), 2019, 11(8): 481.
- [4] 张振霞, 徐伟, 吴昊, 等. 玉米赤霉烯酮内酯水解酶的鉴定、改造及应用[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(7): 285-291.
- [5] ROPEJKO K, TWARUZEK M. Zearalenone and its metabolites—general overview, occurrence, and toxicity[J]. Toxins (Basel), 2021, 13(1): 35.
- [6] 刘盼, 蔡俊. 玉米赤霉烯酮生物脱毒与降解的研究进展[J]. 中国酿造, 2017, 36(2): 1-5.
- [7] BECCARI G, PRODI A, TINI F, et al. Changes in the fusarium head blight complex of malting barley in a three-year field experiment in Italy[J]. Toxins (Basel), 2017, 9(4): 120.
- [8] 王宗捷, 张瑞雪, 刘守勤, 等. 玉米赤霉烯酮诱导山羊子宫内膜基质细胞凋亡的研究[J]. 畜牧兽医学报, 2021, 52(2): 535-542.
- [9] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain CON-TAM), KNUTSEN H K, ALEXANDER J, et al. Risks to human and animal health related to the presence of deoxynivalenol and its acetylated and modified forms in food and feed[J]. EFSA J, 2017, 15(9): e04718.
- [10] LEE A, CHENG K C, LIU J R. Isolation and characterization of a bacillus amyloliquefaciens strain with zearalenone removal ability and its probiotic potential[J]. PLoS One, 2017, 12(8): e0182220.
- [11] SONIGRA P, MEENA M. Metabolic profile, bioactivities, and variations in the chemical constituents of essential oils of the ferula genus (Apiaceae)[J]. Front pharmacol, 2021(11): 608-649.
- [12] STANBOROUGH T, FEGAN N, POWELL S M, et al. Genomic and metabolic characterization of spoilage-associated pseudomonas species[J]. Int J food microbiol, 2018, 2(268): 61-72.
- [13] 陈秀敏, 方桂丽, 陈敏儿, 等. 植物精油的抑菌作用及检测技术研究进展[J]. 山东化工, 2017, 46(10): 67-69.
- [14] 蓝蔚青, 刘嘉莉, 翁忠铭, 等. 10种植物精油对腐生葡萄球菌抑制效果比较及肉桂精油抑菌机制分析[J]. 食品科学, 2020, 41(19): 38-44.
- [15] 余行, 潘洪彬, 程燕东, 等. 三种植物精油对肠道主要致病菌生长和颗粒饲料霉变的抑制作用[J]. 饲料工业, 2020, 41(8): 20-25.
- [16] PERCZAK A, JUS K, MARCHWINSKA K, et al. Degradation of zearalenone by essential oils under *in vitro* conditions[J]. Front microbiol, 2016(7): 1224.
- [17] PERCZAK A, GWIAZDOWSKA D, MARCHWINSKA K, et al. Antifungal activity of selected essential oils against *Fusarium culmorum* and *F. graminearum* and their secondary metabolites in wheat seeds[J]. Arch microbiol, 2019, 201(8): 1085-1097.
- [18] CHOUHAN S, SHARMA K, GULERIA S. Antimicrobial activity of some essential Oils—Present status and future perspectives[J]. Medicines (Basel), 2017, 4(3): 58.

【责任编辑:刘少雷】