

吸附剂与真菌毒素的去除(综述)

徐进 计融 罗雪云

(卫生部食品卫生监督检验所,北京 100021)

动物饲料污染的黄曲霉毒素对人畜的危害已被世界各国所关注。据报道美国 1980 年,由于猪饲料被黄曲霉毒素污染而导致的经济损失达 1 亿美元。在世界范围内,由于黄曲霉毒素污染动物制品而导致的经济损失亦相当惊人。目前,去除粮食油料制品中真菌毒素的方法非常多,但尚无大规模、有效及实用的方法。尽管如此,人们仍在不断寻找有效的去毒方法,其中吸附剂就是常用的一种。目前认为把吸附剂加入到动物饲料中,通过吸附作用可以减少毒素在动物肠道内的吸收。本文就其去除真菌毒素的作用作一综述。

1 活性碳 活性碳是有机物质热解时形成的不溶解性粉末,这种粉末被认为对多种药物及有毒物质有较强的吸附作用。根据这种性质,人们将其作为吸附剂吸附肠道中的有害物质。活性碳的吸附性质由多种因素决定,如:颗粒大小、表面积、有害化学物质的化学性质和肠道中的 pH 值,其中,肠道中的内容物是最重要的影响因素。目前,活性碳的表面积从 $500 \text{ m}^2/\text{g}$ 到 $2000 \text{ m}^2/\text{g}$ 不等,有的产品可达 $3500 \text{ m}^2/\text{g}$,极大的提高了它对有害化学物质的吸附能力。^[1,2] Decker 和 Corby^[3] 研究认为:活性碳能够在体外中性 pH 值条件下吸附黄曲霉毒素 B_1 ,且形成的复合物非常稳定。这项研究首次提出了活性碳对黄曲霉毒素的吸附作用。作者认为活性碳可有效去除饲料中的黄曲霉毒素。Hatch^[4] 等用活性碳作解毒剂来对抗给予山羊致死剂量的黄曲霉毒素 B_1 (3 mg/kg BW) 的作用。分别在给予黄曲霉毒素 B_1 8、24 与 48 h 后给予活性碳(100 g/15kg BW),结果山羊的存活率为 100%。在给予黄曲霉毒素 B_1 8 h 后给予活性碳,可降低山羊血清天冬氨酸氨基转移酶和胆红素水平,减小胆管增生的程度,肝损害的发生率只有 3%,而未用活性碳处理的山羊组肝损害的发生率为 25%。他们认为活性碳对黄曲霉毒素 B_1 引起的急性中毒症状有一定的缓解作用,并推测这

种效应的发生是由于活性碳吸附了黄曲霉毒素 B_1 ,从而减少了动物肠道吸收黄曲霉毒素的量。作者进一步证实:用活性碳处理的山羊组粪便中含高浓度的黄曲霉毒素 B_1 及其代谢产物 M_1 ,而未利用活性碳的山羊组粪便中含黄曲霉毒素 B_1 及其代谢产物的非常少。Ademoyero 和 Dalvi^[5] 进行了与上述相似的试验,同时给鸡喂以黄曲霉毒素 B_1 (6 mg/kg BW) 和活性碳(200 g/kg BW),周期为 3 d。结果发现,活性碳可显著地减轻黄曲霉毒素 B_1 对肝脏的损坏作用,Abdehamid^[6] 等以家兔为试验对象,研究了活性碳对低浓度黄曲霉毒素的吸附作用。用 B_1 、 B_2 、 G_1 和 G_2 各 $100 \mu\text{g/kg BW}$,同时在饲料中加入 0.25% 的活性碳,喂养家兔 3 周。结果显示,饲料、水的消耗及体重的增长在试验组与对照组间未见显著性差别,而动物主要器官中的黄曲霉毒素的水平在试验组则显著下降,当然并不是所有毒素中毒症状都消失了。Bonna^[7] 等在水貂的饲料中分别加入 0.34 和 $102 \mu\text{g/kg BW}$ 黄曲霉毒素 B_1 ,同时加入 1.0% 的活性碳,喂养 77 d。在 $102 \mu\text{g/kg BW}$ 黄曲霉毒素 B_1 组,活性碳的加入使水貂的死亡率降低了 50%,可预防 $34 \mu\text{g/kg BW}$ 组水貂的死亡,同时活性碳减轻了肝脏损伤的程度。

活性碳除了吸附黄曲霉毒素外,还可吸附其它毒素。Sand^[8] 等进行了用活性碳去除苹果汁中展青霉素的研究。含 $20 \mu\text{g/L}$ 展青霉素的苹果汁与不同浓度的活性碳相混合,然后通过碳柱洗脱,当活性碳浓度为 5 mg/mL 时,经活性碳处理的苹果汁已检测不到展青霉素。虽然这种技术在应用上有一定的前景,但也有不足之处,即可使苹果汁严重褪色,使得该项技术的应用受到了限制。

2 皂土 火山灰在空气中长时间暴露后便形成了皂土,它的主要成分为蒙脱石。根据所含金属的多少,可分为钠性皂土、钾性皂土、钙性皂土和镁性皂土。皂土本身具有结晶体的微小结构,可以吸附其

它的分子,同时也可吸收大量水分而膨胀。

Masimango 等^[9]首先报道了皂土去除黄曲霉毒素的作用。研究认为:2%的皂土可以吸附磷酸盐缓冲液中 400 μg 的黄曲霉毒素 B_1 , 吸附率为 94%~100%。皂土与黄曲霉毒素形成的复合物用氯仿抽取,可抽提 5%~23%黄曲霉毒素 B_1 。基于上述研究,Applebaum 和 Marth^[26]发现,2%的皂土可以吸附污染牛奶中 89%的黄曲霉毒素 M_1 (M_1 浓度为 3~6 $\mu\text{g/L}$),而总蛋白的损失不超过 5%。Dvorak^[10]的研究结果表明:皂土可吸附多种液态基质中的黄曲霉毒素 B_1 ,如水、生理盐水、猪血清和猪的胃内容物,平均吸附率为 66%。Winfree 和 Afred^[11]在体外试验中证实:10%的皂土可以吸附鳟鱼饲料中 70%的黄曲霉毒素 B_1 (446 $\mu\text{g/kg}$)。作者推测,如果皂土在动物体内也有相似的作用,那么喂饲皂土也可以吸附黄曲霉毒素 B_1 ,减少毒素进入体内的量。Lindeman^[12]等研究认为:不同水平的钠性皂土加到猪的饲料中,会改善猪的生长和每日饲料的摄入;同时一些生化指标,如:血液中的尿素、白蛋白、总蛋白、天冬氨酸氨基转移酶、碱性磷酸酶等也得到改善。在受黄曲霉毒素污染的饲料中,如果皂土的水平低于 0.5%,则去毒效果不显著。Schell^[13]等研究了猪饲料中加入 1%的钠性皂土对微量元素的潜在作用。结果表明:皂土对猪体内的钾、铜和锰金属元素的代谢无影响;对钙、锌和磷的代谢有轻微的影响,皂土可降低镁与钠的吸收;但血清和肝中的微量元素浓度基本不受影响。除了对黄曲霉毒素的影响外,Carson 和 Smith^[4]等研究表明:在对大鼠进行为期 2 周的试验中,在含 3 $\mu\text{g/g}$ 的 T-2 毒素的饲料中加入 2.5%皂土,可增加大鼠对饲料的摄入量,试验结束时大鼠的体重较对照组高;当皂土加到 10%的水平时,可完全抑制 T-2 毒素引起的中毒症状。作者推测产生这一现象的原因为皂土可吸附 T-2 毒素,减少胃肠道的吸收。

3 沸石 沸石是具有结晶结构的水合硅铝酸盐,富含钾离子。沸石吸附性较强,脱水后并不改变结构。Dvorak^[10]最早提出了沸石可吸附黄曲霉毒素,作者发现,在体外试验中,天然沸石可以吸附液态基质中的黄曲霉毒素 B_1 ,但如果基质中有含氮复合物或沸石浓度较低时,则吸附能力不明显。也有作者并不支持上述结论。Fakal^[15]等在污染黄曲霉毒素 B_1 (2.5 mg/kg) 的雏鸡饲料中加入 5%的沸石,在试验的第 5 天与第 12 天分别检测胰、肝、脾、胃及腔上囊

的相对重量和毒素含量,发现试验组与对照组无显著性差异。Sova^[16]等发现,饲料中含 5%的沸石并不能保护黄曲霉毒素对肝脏的损害。由于有关黄曲霉毒素与沸石间关系资料较少,目前还没有比较明确的结论。

4 钠钙硅铝酸盐(HSCAS) 天然沸石的水合钠钙硅铝酸盐(hydrated sodium calcium aluminosilicate HSCAS)因结合黄曲霉毒素的特性而受到研究人员的重视。1987 年 Phillips^[17]等最早提出在体内和体外试验中,钠钙硅铝酸盐可结合黄曲霉毒素的报道。Davidson^[18]等发现,在雏鸡饲料中(含 20 和 80 $\mu\text{g/kg}$ 黄曲霉毒素 B_1)加入 0.1%和 0.5%的钠钙硅铝酸盐,可以降低黄曲霉毒素的生物活性,且有剂量-反应关系。Phillips^[19,20]等报道:利用放射性标记黄曲霉毒素 B_1 进行的体外试验中,钠钙硅铝酸盐与黄曲霉毒素 B_1 可形成非常稳定的复合物。当 pH 值为 2、7 和 10,且温度在 25 和 37 时,这种复合物在水中也非常稳定。作者认为这是由于在钠钙硅铝酸盐与黄曲霉毒素 B_1 分子间形成了化学结合,有着较强的键合作用,二者形成的稳定复合物并达到平衡反应仅需 30 min,在达到平衡后,每克钠钙硅铝酸盐可结合 200 到 232 nmol 的黄曲霉毒素 B_1 。

由于钠钙硅铝酸盐对黄曲霉毒素的结合特性,将钠钙硅铝酸盐加到多种动物如雏鸡、猪、水貂、牛和羊饲料中,均可减轻黄曲霉毒素对动物主要脏器的病理损害,显示很好的保护作用。^[21~24]钠钙硅铝酸盐不但能够减轻牛的黄曲霉毒素中毒症状,且能吸附牛奶中黄曲霉毒素 M_1 。但钠钙硅铝酸盐对赭曲霉毒素、T-2 毒素、玉米赤霉烯酮和呕吐毒素的吸附能力则不高。^[25~27]

其它硅酸盐吸附剂还包括海泡石、蒙脱土、活性白土、蛭石、高岭土和水辉石等,它们也有一定的吸附真菌毒素的作用。

5 结论 尽管有些吸附剂可以吸附一些真菌毒素,但其实用性与可操作性还需进一步探讨,尤其是将吸附剂作为饲料添加剂来吸附饲料中的真菌毒素还需深入研究。此外,长期应用这种吸附剂还必须考虑对动物机体必需营养元素如对维生素和微量元素吸收与利用的影响。

参考文献:

[1] Corby DO, et al. Management of acute poisoning with activat-

- ed charcol[J]. *Pediatrics*,1974,44:328—329.
- [2] Hayden JW,et al. Use of activated charcoal in acute poisoning[J]. *Clin Toxicol*,1975,8:515—533.
- [3] Decker WJ,et al. Activated charcoal adsorbs aflatoxin B₁[J]. *Vet Hum Toxicol*,1980,22:388—389.
- [4] Hatch RC,et al. Induced acute aflatoxicosis in goats:treatment with activated charcoal or dual combinations of oxytetracycline,stanazolol,and activated charcoal[J]. *Am J Vet Res*,1982,43:644—648.
- [5] Ademoyero AA,et al. Efficacy of activated charcoal and other agents in the reduction of hepatotoxic effects of a single dose of aflatoxin B₁ in chickens[J]. *Toxicol Lett*,1983,16:153—157.
- [6] Abdelhamid AM,et al. Effect of low level of dietary aflatoxins on Baladi rabbits[J]. *Arch Anim Nutr*,1990,40:517—537.
- [7] Bonna RJ,et al. Efficacy of hydrated sodium aluminosilicate and activated charcoal in reducing the toxicity of dietary aflatoxin to milk[J]. *Arch Environ Contam Toxicol*,1991,20:441—447.
- [8] Sands DC,et al. Use of activated charcoal for the removal of patulin from cider[J]. *Appl Environ Microbiol*,1976,32:388—391.
- [9] Masimango N,et al. The role of adsorption in the elimination of aflatoxin B₁ from contaminated media[J]. *Eur J Appl Microbiol*,1978,6:101—105.
- [10] Dvorak M,et al. Ability of bentonite and natural zeolite to absorb aflatoxin from liquid media[J]. *Vet Med*,1989,34:307—316.
- [11] Winfree RA,et al. Bentonite reduces measurable aflatoxin B₁ in fish feed[J]. *Progr Fish Cult*,1992,54:157—162.
- [12] Lindemann MD,et al. Potential ameliorators of aflatoxicosis in weanling/growing swine[J]. *J Anim Sci*,1993,71:171—178.
- [13] Schell TC,et al. Effect of feeding aflatoxin-contaminated diets with and without clays to weanling and growing pigs on performance,liver function,and mineral metabolism[J]. *J Anim Sci*,1993,71:1209—1218.
- [14] Carson MS,et al. Role of bentonite in prevention of T-2 toxicosis in rats[J]. *J Anim Sci*,1983,57:1498—1506.
- [15] Fukal L,et al. The effect of a high aflatoxin B₁ concentration in feed on the weights of organs and strength of bones in grownup chickens[J]. *Biol Chem Vet*,1990,26:187—191.
- [16] Sova Z,et al. Hematological and histological response to the diets containing aflatoxin B₁ and zeolite in broilers of domestic fowl[J]. *Acta Vet Brno*,1991,60:31—40.
- [17] Phillips TD,et al. Mycotoxin hazards in agriculture:new approach to control[J]. *J Am Vet Med Assoc*,1987,12:1617.
- [18] Davidson JN,et al. Hydrated sodium calcium aluminosilicate decreases the bioavailability of aflatoxin in the chicken[J]. *Poult Sci*,1987,66:89.
- [19] Phillips TD,et al. Hydrated sodium calcium aluminosilicate:a high affinity sorbent for aflatoxin[J]. *Poult Sci*,1988,67:243—247.
- [20] Phillips TD,et al. Detection and detoxification of aflatoxins: prevention of aflatoxicosis and aflatoxin residues with Hydrated sodium calcium aluminosilicate[J]. *Vet Hum Toxicol*,1990,32:15—19.
- [21] Araba M,et al. Effects of sodium bentonite,hydrated sodium calcium aluminosilicate,and Ethacal on aflatoxicosis in broiler chickens[J]. *Poult Sci*,1991,70:6.
- [22] Beaver RW,et al. Distribution of aflatoxins in tissues of growing pigs fed an aflatoxin contaminated diet amended with a high affinity aluminosilicate sorbent[J]. *Vet Hum Toxicol*,1990,32:16—18.
- [23] Harvey RB,et al. Diminution of aflatoxin toxicity to growing lambs by dietary supplementation with hydrated sodium calcium aluminosilicate[J]. *Am J Vet Res*,1991,52:152—156.
- [24] Harvey RB,et al. Effect on aflatoxin M₁ residues in milk by addition of hydrated sodium calcium aluminosilicate to aflatoxin contaminated diets of dairy cows[J]. *Am J Vet Res*,1991,52:1556—1559.
- [25] Huff WE,et al. Efficacy of hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the individual and combined toxicity of aflatoxin and ochratoxin A[J]. *Poult Sci*,1992,71:64—69.
- [26] Kubena LF,et al. Efficacy of a hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the toxicity of aflatoxin and T-2 toxin[J]. *Poult Sci*,1990,69:1078—1086.
- [27] Bursian SJ,et al. Efficacy of a hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the toxicity of dietary zearalenone to mink[J]. *J Appl Toxicol*,1992,12:85—90.

中图分类号:R15;Q949.3;S816.31 文献标识码:E 文章编号:1004-8456(2001)03-0035-03