

畜禽养殖场除臭技术研究进展

郭军蕊 刘国华* 杨 斌 张爱华 王月超

(中国农业科学院饲料研究所,农业部饲料生物技术重点开放实验室,北京 100081)

摘 要:近年来,随着经济的快速发展,人民生活水平日益提高,规模化养殖已成为畜禽养殖业发展的一个趋势。但是,规模化畜禽养殖场排出的粪尿及所产生的氨气、硫化氢、粪臭素、吲哚、三甲胺、丙烯醛等有害气体不利于畜禽业的可持续发展,它们不仅影响了畜禽正常的生长与生产性能,而且也影响着周围居民的生活环境甚至身体健康。本文综述了畜禽养殖场除臭技术的现状与存在的问题,并展望了未来除臭技术的发展方向。

关键词: 畜禽养殖;除臭技术

中图分类号: S815

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)08-1708-07

集约化的规模养殖已使改善畜禽场的环境成为一个举足轻重的问题。据报道,与畜禽场排泄物有关的恶臭成分种类繁多,其中牛粪有 94 种,猪粪有 230 种,鸡粪有 150 种^[1],特别是在粉尘的参与下,能形成复杂的恶臭。恶臭物质主要有氨气(NH_3)、硫化氢(H_2S)、粪臭素(skatole, SK)、挥发性脂肪酸(VFA)、胺类、脂肪族的醛类和硫醇类等。畜禽场的一些恶臭物质,特别是易溶于水的气体(如 NH_3 、 H_2S 等),容易吸附在人及动物的呼吸系统黏膜上而致使其产生呼吸道疾病和其他病症。SK 虽在稳定肠道微生物生态菌群中发挥着重要作用,但也是引起反刍动物急性肺水肿和肺气肿(acute bovine pulmonary edema and emphysema, ABPE)以及猪肉异臭味的主要物质。

目前,有关降低 NH_3 和 H_2S 浓度的技术研究已非常普遍,但是,关于降低 SK 浓度的研究较为少见。本文将从主要恶臭物质的理化性质、来源、对动物产生的不良影响以及除臭的方法等方面予以论述,以为寻找新型高效的除臭剂提供一定的理论依据。

1 主要恶臭物质的来源、性质及危害

1.1 SK

1.1.1 SK 的理化性质

SK 的名称源于希腊语 skato-,意为“动物的粪便”。SK 的化学名称为 3-甲基吲哚(3-methylindole, 3MI),是一种具有令人不愉快粪臭味的挥发性杂环化合物。其化学结构为双环结构,其中一个环是吡咯。通常为细粉状固体或白色结晶,对光敏感,久置逐渐变成棕色,能溶于醇、苯、氯仿和醚类等有机溶剂。与二甲氨硼烷在室温下作用生成有色化合物,在 580 nm 有最大吸收,其最小致死量为 1.0 g/kg(青蛙,皮下注射)。

1.1.2 SK 的来源

SK 可从哺乳动物和鸟类的粪便中提取制得,也存在于甜根、蜜腺樟木、煤焦油、乳脂肪和香烟烟雾中。可以用苯胍与丙醛生成丙醛苯胍,然后同氯化锌或硫酸加热脱去氨分子而制得;色氨酸(Trp)高温分解也可制得(如香烟烟雾以及煤焦油中的 SK);饲料蛋白质及内源蛋白质分解产生的 L-Trp 在公山羊和牛的瘤胃或者单胃动物的盲肠和结肠中厌氧微生物作用下进一步降解产生 2 种

收稿日期: 2013-03-02

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划课题“生态环保饲料生产关键技术研发与集成示范”(2011BAD26B03)

作者简介: 郭军蕊(1988—),女,河南新乡人,硕士研究生,从事单胃动物营养与饲料科学研究。E-mail: gjr217@yeah.net

* 通讯作者: 刘国华,研究员,硕士生导师, E-mail: liuguohua@caas.cn

易挥发的芳香族物质: 3MI 和吡啶。其中, *L*-Trp 有 2 种降解途径, 一种是直接降解形成吡啶, 另一种是经吡啶-3-乙酸在脱羧酶的作用下形成 3MI, 其代谢产物的浓度及类型主要受以下因素影响: 1) Trp 的化学结构和利用率; 2) 中间代谢产物; 3) 氧化还原电位及肠道的厌氧环境^[2]。埃希氏杆菌、丙酸杆菌等许多微生物可产生吡啶, 但能产生 SK 的很少。目前有研究表明, 粪味梭菌 (*Clostridium scatologenes*) DSM 757 能够直接将 *L*-Trp 降解为 3MI; 体内代谢产生的 SK 经吸收进入血液, 一部分经肝脏代谢排出体外, 而贮存于体内的部分将因 SK 的亲脂性沉积在脂肪组织及肌肉组织中, 尤其是猪的背部脂肪。

1.1.3 SK 对动物及人产生的不良影响

反刍动物的肺部对 SK 反应最为敏感, SK 是其感染 ABPE 的主要物质。因 SK 具有可选择性的肺炎球菌毒性, 可致使细支气管上皮细胞和 I 型肺细胞退化、坏死、剥落, 最终导致肺水肿和呼吸困难。I 型、II 型肺泡上皮细胞, 肺巨噬细胞和支气管上皮细胞是主要的受伤害细胞, 主要原因是与其高亲脂性有关, SK 能够渗透细胞膜, 通过降低膜的流动性使膜的稳定性降低, 牛红细胞在高浓度 SK 的情况下将会破裂。

SK 对猪的危害并不是影响猪的健康而是影响猪肉的感官特性。SK 和雄甾烯酮(一种类固醇)是致使猪肉产生膻味的主要物质。SK 在代谢过程中, 因其中一些在肠道被吸收, 沉积到脂肪组织导致其膻味的形成。1970 年, Vold 首先在猪的脂肪组织中分离出 SK。

一般来说, 家禽对异味的耐受力比较差。低浓度的 SK 就会引起其产生应激反应, 高浓度时可引起急性中毒。畜禽场的环境直接影响其生产性能、免疫功能和代谢机能。

SK 对人体也有一定危害, 如过敏、发育障碍、致癌、身体机能衰退等。

1.2 NH₃

NH₃ 无论是对动物还是人类都是有害的, 长期处在 NH₃ 浓度为 10 ~ 15 μL/L 的环境中, 可导致上皮组织损伤。NH₃ 大部分来源于排泄物中尿酸分解产生的具有强烈刺激性臭味的无色气体。经呼吸道吸入的 NH₃, 通过肺泡进入血液与血红蛋白结合, 使血红蛋白的携氧能力、血液碱储能力以及血红素的氧化性能降低, 进而导致机体贫血、

组织缺氧、抵抗力降低。据报道, 0 ~ 3 周龄肉鸡适宜的 NH₃ 浓度应不超过 13 mg/kg, 4 ~ 6 周龄应不超过 20 mg/kg^[3]。不同浓度的 NH₃ 对不同动物造成影响的程度不同。一般来讲, 反刍动物对 NH₃ 的耐受力比单胃动物强, 猪比鸡强。如果畜禽舍通风不好, 随着 NH₃ 等有害气体浓度的增大, 则会发生慢性或急性中毒。高浓度 NH₃ 环境条件下, 气管纤毛脱落、支气管腔出血、心肌断裂和肾小球坏死、淋巴细胞浸润等病理学变化表明高浓度的 NH₃ 对机体具有明显的损害作用^[4]。一般情况下, NH₃ 浓度不应超过 15 mg/m³。

1.3 H₂S

H₂S 主要是由新鲜粪便中含硫有机物经厌氧微生物降解产生的具有臭鸡蛋气味、无色剧毒的气体, 对黏膜有强烈的刺激作用, 易导致畜禽眼睛和呼吸道等产生炎症, 甚至会引起肺水肿。H₂S 经肺泡进入血液与氧化型细胞色素氧化酶的 3 价铁结合, 致使酶失去活性, 影响细胞氧化过程, 造成组织缺氧^[5]。鸡舍内 H₂S 浓度不应超过 10 mg/kg。

1.4 VFA

VFA 在猪粪中含量较多, 牛粪和鸡粪中很少。VFA 中 C₄、C₅ 的恶臭强度大, 鸡粪中含 C₃ 的 VFA 较多。VFA 具有强烈的刺激性和腐败味, 可引起动物食欲减退、免疫力下降, 易引发呼吸道疾病, 长时间处于高浓度 VFA 环境中的动物会出现呕吐现象, 严重者呼吸困难、肺水肿和充血^[6]。

1.5 其他

胺类和酚类等也是恶臭的主要组成成分。胺类与硫醇、亚硫酸盐一样是主要的恶臭成分, 低级脂肪胺具有特殊的氨臭。尤其是甲胺类物质, 其恶臭令人呕吐。酚类及其衍生物大多有特殊的酚臭味, 其浓度高并与 VFA 混合时恶臭更强。

2 除臭技术

2.1 物理型除臭剂

物理除臭剂是通过物理的方法除去臭味, 利用除臭剂的物理性质, 不改变臭气组分, 只改变其局部浓度, 或者相对浓度。常见类型有吸附剂和掩蔽剂等。

2.1.1 吸附型除臭剂

吸附型除臭是利用分子间的范德华力吸附去除环境中的恶臭物质, 其比表面积大、孔容大, 通

常能吸附空气中的恶臭分子,降低恶臭浓度,达到除臭目的。常见的吸附型物质有活性炭纤维、各类沸石、某些金属氧化物和大孔高分子材料等^[7]。

不同吸附型除臭剂的吸附能力和选择性不同。例如,活性炭对非极性分子、直径较大的恶臭物质(如苯、甲苯、硫醇等)吸附力很强;合成沸石有极性,对直径较小的恶臭物质(如 NH_3 、 H_2S 等)吸附力较大^[8]。早在 1989 年, Witter 等就证实了泥炭、沸石、玄武石等是畜禽粪氮的良好吸附剂。而田琳等^[9]研究了活性炭和沸石对水体中氨氮的吸附特性及其生物再生性能,其静态吸附结果表明两者均具有较好的氨氮吸附性能,动态吸附中沸石达到吸附饱和的时间较活性炭长。

活性炭以其巨大的比表面积而具有强大的吸附能力;活性氧化铝是一种多孔、高分散度的材料,比表面积大,其微孔表面具有强吸附性和吸湿性^[10]。

沸石的结构呈三维硅氧四面体格架结构,具有很多细微的、排列整齐的晶穴和通道,总表面积大,对 NH_3 、 H_2S 等单分子及水分子有很强的吸附力^[11]。海泡石、膨润土和凹凸棒等都属于硅酸盐类物质,也可以起到除臭作用。其他的矿石,比如硅藻土、蛭石等,也都具有净化剂的作用^[12]。有研究表明,在垫料中按 5 g/只鸡的比例加入沸石,可使舍内 NH_3 浓度降低 37.04%, CO_2 浓度降低 20.19%。Baltic 等^[13]在饲料中添加 0.5% 的沸石,结果表明猪脂肪组织中 SK 的浓度显著降低 ($P < 0.05$)。李淑丽等^[14]研究发现多孔改性沸石可去除污水中 80% 以上氨氮。

2.1.2 掩蔽型除臭剂

掩蔽型除臭剂是利用天然芳香油、香料等物质掩蔽恶臭。主要是对难以去除的臭味或者除臭比较麻烦的环境,按比例混合几种有气味的气体,以减轻恶臭。比如,在饲料中添加如茴香、甘草和苍术等有特殊气味的物质,可使畜禽舍臭味降低,采食量增加,抵抗力增强和促进生长^[15]。

2.2 饲料酸化剂

继抗生素之后,饲料酸化剂成为与酶制剂、益生菌、香味剂等并列的重要添加剂,是一种无抗药性、无残留、无毒害作用的环保型添加剂。它可降低饲料在消化道中的 pH,为动物提供最适的消化道环境,已在国内外得到了广泛应用。

有机酸可减缓胃的排空速度,增加食物在胃

中的停留时间,提高其消化率;降低胃肠道 pH,调控胃肠道微生物菌群平衡;抗应激,提高动物免疫力;参与代谢,促进营养物质的吸收^[16]。无机酸化剂成本低、酸性强,生产中也可添加。复合酸化剂是利用各种无机酸和有机酸按一定比例配合而成的,可迅速降低 pH,具有良好的缓冲效果。

有研究表明,改变 pH 可以使 Trp 降解成 SK 和吲哚的相对产量发生变化。高 pH 利于 SK 的产生,而低 pH 利于吲哚的产生。杨桂芹等^[17]的研究也证实了这一点,经测定,各组粪便略呈碱性,同一个样品中 SK 的浓度远高于吲哚的浓度。同时,据竹内诚等^[18]报道,维持和降低粪便的 pH,可以抑制 NH_3 的产生。

Hammond 等^[19]研究发现, pH 对 Trp 经瘤胃微生物降解生成 SK 的比率有影响,当 pH = 7.0 时, Trp 降解生成 SK 的比率为 60%,而当 pH = 4.5 时, Trp 降解生成 SK 的比率仅有 5.7%。胡彩虹等^[20]研究表明, pH 可以使 Trp 降解生成 SK 和吲哚的相对产量发生变化,当 pH = 6.5 时, Trp 降解生成 SK 和吲哚相对产量的比例约为 42:58;当 pH = 8.0 时, Trp 降解生成 SK 和吲哚相对产量的比例约为 78:22;而当 pH = 5.0 时, Trp 降解生成 SK 和吲哚相对产量的比例约为 16:84。此结果与 Hammond 等^[19]和 Jensen 等^[21]的研究一致。同时, Eckel 等^[22]研究表明,酸化剂能够减少肠道微生物有害代谢产物(如 NH_3 、多胺类物质)的产生,改善消化道内环境。刘开容等^[23]研究表明,阿散酸可显著降低蛋鸡粪尿中的氮、磷排出量 ($P < 0.01$),死亡率显著降低 4.5% ($P < 0.05$)。Øverland 等^[24]在猪饲料中添加有机酸的研究表明,饲喂甲酸和苯甲酸组与对照组相比,血浆中 SK 浓度显著降低 ($P < 0.05$)。研究表明,丁酸可抑制细胞凋亡,从而减少来自细胞碎片的 Trp 降解产生 SK^[25]。

2.3 微生态除臭剂

微生态制剂是指利用正常微生物或促进微生物生长的物质制成的活的微生物制剂。即一切能促进正常微生物群生长繁殖或抑制致病菌生长繁殖的制剂都称为“微生态制剂”。随着科学研究的深入,大量资料证明,死菌体、菌体成分及代谢产物也具有调整微生态失调的功效。

在畜禽生产中,微生态除臭效果明显。它可促进动物肠道内有益菌的生长繁殖,抑制有害菌

活动,平衡肠道菌系,从而提高饲料的利用率,减少臭气排放量。有些微生物(如真菌)还有一定的固氮功能。因此,一部分臭气可被微生物利用。

目前,微生态除臭已成为一种应用广泛的除臭技术。在饲料工业中应用广泛的有植物乳杆菌、有效微生物(effective microorganisms, EM)菌剂和枯草芽孢杆菌等。

日本科学家筛选出一种细菌(被称为“太古菌”),能抑制肠道内某些细菌的生长,降低体内有害气体的排放量。在饲料中添加该细菌发现,其排泄物中几乎不含 NH_3 和 H_2S ,甲烷降低约50%。日本琉球大学比嘉照夫教授发明的一种EM制剂(由光合细菌、放线菌、酵母菌和乳酸菌等80多种微生物复合而成),具有增重、防病、除臭、改善品质的效果。在饲料中添加EM制剂,猪舍内 NH_3 浓度下降54.25%,臭味降低。张铁闯等^[26]对蛋鸡进行试验,结果表明,EM制剂不仅可以改善饲料转化率和产蛋率,而且由于有益微生物可抑制粪中吡啶与 NH_3 的生成,因此降低了舍内有害气体的浓度。

目前,丛枝菌根真菌(arbuscular mycorrhizal, AM)微生物技术已经应用到改善畜禽养殖场的环境当中。比如:光合菌可以分解SK,降低畜禽粪便及畜禽舍的恶臭气味;固氮菌能够减少氮气释放,降低SK的生成^[27];另外,一些放线菌和霉菌也有除臭作用^[28]。不仅如此,AM菌剂还能抑制蚊蝇孳生,促进畜禽粪便的无害化^[27]。研究发现,微生态制剂对环境除臭效果明显。刘忠琛等^[29]研究表明,在大肠中,芽孢杆菌产生的酶可以将SK等吡啶类化合物氧化成无臭、无污染、无毒害的物质。而芽孢杆菌为家禽肠道中的定植菌且含量较高^[30]。曾正清等^[31]报道,牛粪和蚯蚓粪均能降低厌氧发酵的猪排泄物中SK的浓度($P < 0.05$)。李平^[32]研究证明恶臭假单胞菌能以吡啶和SK为唯一碳源生长,当SK浓度小于2.5 mmol/L时能被有效降解。Yin等^[33]通过对红树林沉积物富集培养,经16S rRNA确认后,再经纯培养筛选出的铜绿假单胞菌GS 2 d可降解SK 2.0 mmol/L。杨桂芹等^[34]在基础饲料中添加0.4%的酵素菌制剂可显著降低蛋鸡粪中挥发酸、挥发性盐基氮吡啶及SK的浓度($P < 0.05$)。

2.4 复合型除臭剂

复合型除臭剂是利用多种方法、使用多种类

型的除臭剂从而达到有效去除臭气的目的。比如,将吸附除臭和化学除臭相结合,可加快去除臭气的反应速度;微生物除臭剂与植物型除臭剂混用可为微生物提供更多营养,并能使除臭持续较长时间或效果更佳。

国外将天然沸石与硫酸亚铁混用^[35],该除臭剂达到了很好的试验效果,并获得了专利。徐廷生等^[36]将物理除臭与微生物除臭相结合、饲喂与舍内撒布相结合,筛选出能够提高生产性能、净化畜舍环境的复合型除臭剂。试验结果表明:在猪舍地面撒布沸石粉与EM制剂的混合物(1 kg/m^2)和在猪舍地面撒布粉煤灰(1 kg/m^2)并在饲料中添加1.5%沸石粉,与对照组相比, NH_3 、 CO_2 和 H_2S 浓度分别降低了27.27%、11.11%、35.00%和45.46%、16.67%、56.67%,改善了猪舍的环境。

2.5 其他

2.5.1 使用饲料酶制剂

饲料酶制剂是为改善动物体内的代谢效能和提高动物对饲料的消化利用而加入饲料中的酶类物质。

酶制剂可提高畜禽消化道内源酶活性、补充内源酶不足;破坏植物细胞壁,提高饲料的利用效率;消除饲料中的抗营养因子,促进营养物质的消化吸收^[37],从而减少臭气排放。同时,还可以改善肠道内微生物区系,提高免疫功能。

饲料原料结构复杂,所以在饲料工业生产中复合酶制剂使用较多。复合酶制剂是指含2种或2种以上单酶的产品。酶制剂可提高饲料氮、磷利用率,减少畜禽粪便排放量,且粪尿中氮、磷含量下降,从而降低了畜禽舍内有害气体的浓度,减少了畜禽呼吸道疾病的发病率。试验表明,添加0.1~0.3 U/mL辣根过氧化酶和0.5%~6.0%过氧化氢或0.1~3.0 g过氧化钙可减少猪粪中100%甲酚、28%~41%VFA和32%~54%二氢吡啶化合物^[38]。在断奶仔猪饲料中添加由淀粉酶、蛋白酶及非淀粉多糖酶组成的复合酶制剂可显著提高粗蛋白质的消化率($P < 0.05$)^[39]。付水广等^[40]在断奶仔猪饲料中添加0.05%、0.10%和0.15%的复合酶制剂(由酸性蛋白酶、中性蛋白酶、糖化酶、 α -淀粉酶、 β -葡聚糖酶、 β -甘露聚糖酶及木聚糖酶组成),蛋白质和磷的消化率得到显著改善($P < 0.05$)。

2.5.2 使用可发酵碳水化合物

可发酵碳水化合物包括纤维素、半纤维素、木质素、果胶,以及菊粉、乳糖等低聚糖。其除臭机理为可发酵碳水化合物在猪胃和小肠中的消化吸收率低,能够较完整地到达肠道后段,成为微生物的发酵底物,通过改变肠道和粪便中的微生物及其发酵过程来改变粪尿的理化特性,从而减少臭气的产生。

菊糖可降解为简单的果糖化合物——果聚糖。菊糖在小肠基本上不能被体内的消化酶分解,而是以较完整的形式到达后肠,调节微生物区系,改变微生物的发酵方式,使代谢中的尿氮部分地转变成粪氮,含氮化合物(如 NH_3 、酚、吡啶、SK等)减少,从而减少氮的排泄,降低臭味^[41]。在猪饲料中添加菊糖等低聚糖后,由于其调节肠道菌群的作用,可显著降低仔猪产生 NH_3 、吡啶、SK等臭气物质($P < 0.05$),从而降低了粪便恶臭^[42]。饲喂猪菊粉可使结肠和直肠中的SK浓度显著减少($P \leq 0.002$)^[43]。夏枚生等^[44]通过体外试验研究证明了果寡糖可降低L-Trp代谢产生SK的浓度($P < 0.05$)。胡彩虹^[45]研究表明,在猪饲料中添加0.50%和0.75%的果寡糖,其皮下脂肪、肌肉、粪便中SK浓度显著降低($P < 0.05$)。

2.5.3 使用植物提取物和中草药添加剂

有研究表明,在反刍动物饲料中,含有缩合单宁的豆类饲料与白三叶草相比,瘤胃中吡啶和SK浓度显著降低($P < 0.05$),添加葡萄籽提取物及缩合单宁可通过抑制瘤胃微生物而减少瘤胃中吡啶和SK的产生^[46]。米热古丽·伊马木等^[47]在饲料中添加0.5 mL薰衣草精油可显著降低瘤胃液吡啶和SK浓度($P < 0.05$)。王占红等^[48]在饲料中添加党参、白术等十五味中草药结果可使鸡舍内 NH_3 浓度降低41.77%。

3 小结

随着集约化养殖的普及和人们对健康要求的提高,除臭剂的使用已逐渐受到畜禽养殖业的重视。但目前看来,人们对除臭技术的研究倾向于利用某一种方法去除某一种或者某几种臭气成分,综合运用不同除臭方法的研究报道较为少见。同时,微生物除臭剂的研究也是如此,对复合型除臭剂及其作用机理的研究较少。而运用单一除臭措施的效果都不显著。所以,人们可以综合各种

除臭方法,将筛选最佳的除臭组合作为研究重点,为养殖者提供更好的除臭技术。

参考文献:

- [1] 徐廷生,雷雪芹,赵芙蓉,等. 养殖场粪污的恶臭成分及其产生机制[J]. 中国动物保健,2001(7):36-37.
- [2] YOKOYAMA M T, CARLSON J R. Microbial metabolites of tryptophan in the intestinal tract with special reference to skatole [J]. American Journal of Clinical Nutrition,1979(32):173-178.
- [3] 宋弋,王忠,姚中磊,等. 氨气对肉鸡生产性能、血氨和尿酸的影响研究[J]. 中国家禽,2008,30(13):10-16.
- [4] 张西雷. 氨气对肉鸡的影响及地衣芽孢杆菌对氨气减量排放的技术研究[D]. 硕士学位论文. 泰安:山东农业大学,2006:3.
- [5] 要志强,李玉春. 畜禽舍中有害气体对畜禽的影响及防控措施[J]. 畜禽业,2010(10):22-23.
- [6] 牛留银,常玉君. 规模化养猪场中恶臭的危害及控制措施[J]. 养殖技术顾问,2012(1):201.
- [7] 张文钰,张羽天. 除臭技术与除臭剂[J]. 化工新型材料,1998,26(10):25-27.
- [8] 汪善锋,陈安国,汪海峰. 除臭剂在动物生产中应用的研究进展[J]. 饲料工业,2003,24(7):48-52.
- [9] 田琳,孔强,任宗明,等. 活性炭和沸石对氨氮的吸附特性及生物再生[J]. 环境工程学报,2012,6(10):3424-3428.
- [10] 纪树满. 恶臭污染的防治[J]. 重庆环境科学,1999,21(2):27-28.
- [11] 张家林. 畜用除臭剂的研究与应用[J]. 中国畜牧杂志,1992,28(4):58-60.
- [12] 孙家寿. 沸石研究的新进展[J]. 化学工业与工程技术,1998,19(1):23.
- [13] BALTIC M, RAICEVIC S, TADIC I, et al. Influence of zeolite on skatole content of swine fat tissue[C]// BONNEAU M, LUNDSTÖM K, MALMFORS B. Boar taint in entire male pigs. Stockholm, Sweden: EAAP Publ. No. 92,1997:97-99.
- [14] 李淑丽,柳青松. 几种改性/型沸石的制备及其应用[J]. 广东化工,2012,39(7):114-115.
- [15] 李振. 除臭剂在动物生产中的应用[J]. 粮食与饲料工业,2005(7):36-38.
- [16] 石宝明,单安山. 饲用酸化剂的作用与应用[J]. 饲料工业,1999,20(1):3-5.
- [17] 杨桂芹,张姝,郑爱娟,等. 氨基酸平衡的低蛋白和杂粕日粮对蛋鸡粪中臭味物质含量的影响[J]. 沈

- 阳农业大学学报, 2006, 37(5): 731-734.
- [18] 竹内诚, 钟水铭. 消除肉鸡舍臭气和尘埃的措施[J]. 国外畜牧科技, 1990, 17(6): 43-44.
- [19] HAMMOND A C, SLYTER L L, CARLSON J R, et al. Effect of pH on *in vitro* ruminal conversion of *L*-tryptophan to 3-methylindole and indole[J]. American Journal of Veterinary Research, 1984, 45(11): 2247-2250.
- [20] 胡彩虹, 俞颂东, 许梓荣. 猪粪便细菌群作用下 3-甲基吲哚(粪臭素)和吲哚形成的研究[J]. 中国畜牧杂志, 2002, 38(5): 10-11.
- [21] JENSEN M T, COX R P, JENSEN B B. 3-Methylindole (skatole) and indole production by mixed populations of pig fecal bacteria[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1995, 61(8): 3180-3184.
- [22] ECKEL B, ROTH F X, KIRCHGESSNER M, et al. Influence of formic acid on concentrations of ammonia and biogenic amines in the gastrointestinal tract[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 1992, 67(4): 198-205.
- [23] 刘开容, 蒲德伦, 冯元信. 几种环保添加剂对蛋鸡舍除臭效果的研究[J]. 家畜生态, 1998, 19(4): 1-6.
- [24] ØVERLAND M, KJOS N P, BORG M, et al. Organic acids in diets for entire male pigs: effect on skatole level, microbiota in digesta, and growth performance[J]. Livestock Science, 2008, 115(2/3): 169-178.
- [25] CLAUS R, LÖSEL D, ACORN M, et al. Effects of butyrate on apoptosis in the pig colon and its consequences for skatole formation and tissue accumulation[J]. Journal of Animal Science, 2003, 81(1): 239-248.
- [26] 张铁闯, 李瑞达, 王敬先, 等. EM 生物制剂在蛋鸡饲料中的应用研究[J]. 当代畜牧, 1998(1): 30.
- [27] 武学峰. 畜牧业环境污染的综合治理[N]. 中国畜牧报, 2003-08-17(5).
- [28] 高颖, 褚维伟, 张霞, 等. 猪粪生物除臭剂的制备及其除臭效果的测定[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2011(15): 80-81.
- [29] 刘忠琛, 纪伟旭. 环境污染与生态饲料的配制及营养调控[J]. 江西饲料, 2003(3): 1-4.
- [30] SIRAGUSA G R. 微生态制剂在后抗生素时代家禽生产中的应用[J]. 中国家禽, 2012, 34(16): 38-41.
- [31] 曾正清, 孙振钧, THEOVAN K, 等. 牛粪和蚯蚓粪对猪排泄物中臭气化合物产量的影响[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8(3): 37-42.
- [32] 李平. 养猪废水中有机物厌氧生物降解机理的分子生物学解析[D]. 博士学位论文. 武汉: 中国地质大学, 2009: 8-9.
- [33] YIN B, HUANG L M, GU J D. Biodegradation of 1-methylindole and 3-methylindole by mangrove sediment enrichment cultures and a pure culture of an isolated *Pseudomonas aeruginosa* Gs[J]. Water, Air, and Soil Pollution, 2006, 176(1/2/3/4): 185-199.
- [34] 杨桂芹, 冯军平, 田河, 等. 添加酵素菌制剂对蛋鸡粪中臭味物质排出量的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2010, 46(7): 55-57.
- [35] 阳杰, 刘灿明, 吴安军, 等. 畜禽排泄物除臭剂的研究与利用[J]. 广东化工, 2012, 39(1): 80-81.
- [36] 徐廷生, 刘冠琼, 郭黛健, 等. 除臭材料及其施用方式对猪舍空气净化效果的研究[J]. 家畜生态学报, 2005(5): 55-58.
- [37] 袁楷, 张粉丽, 黄佳佳, 等. 氨气对畜禽的危害及内源性调控措施[J]. 畜禽业, 2008(4): 58-59.
- [38] YE F X, ZHU R F, LI Y. Deodorization of swine manure slurry using horseradish peroxidase and peroxides[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 167(1/2/3): 148-153.
- [39] 任建波, 胡忠宏, 张立彬, 等. 不同复合酶对断奶仔猪生产性能和饲料养分利用率影响的比较研究[J]. 饲料工业, 2012, 33(18): 31-34.
- [40] 付水广, 王自蕊, 游金明, 等. 复合酶制剂对断奶仔猪生长性能和养分消化率的影响研究[J]. 饲料工业, 2010, 31(7): 40-42.
- [41] 潘倩, 陈安国, 赵燕. 可发酵碳水化合物减少猪场臭气的机理和应用[J]. 家畜生态学报, 2007, 28(3): 6-10.
- [42] 屈亮, 谭斌, 李彪, 等. 集约化猪场除臭措施的应用研究[J]. 饲料研究, 2012(5): 31-33.
- [43] ØVERLAND M, KJOS N K, FAUSKE A K, et al. Easily fermentable carbohydrates reduce skatole formation in the distal intestine of entire male pigs[J]. Livestock Science, 2011, 140(1/2/3): 206-217.
- [44] 夏枚生, 胡彩虹, 许梓荣. 果寡糖对猪粪便细菌群作用下 *L*-Trp 代谢的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2004, 40(1): 11-13.
- [45] 胡彩虹. 果寡糖对肥育猪生长和粪臭素、胆固醇代谢的影响及其作用机理探讨[D]. 硕士学位论文. 杭州: 浙江大学, 2001: 40-42.
- [46] SCHREURS N M, TAVENDALE M H, LANE G A, et al. Controlling the formation of indole and skatole in *in vitro* rumen fermentations using condensed tannin[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007, 87(5): 887-899.

[47] 米热古丽·伊马木,吴婷婷,聂彪彪,等. 添加薰衣草精油对羊瘤胃液吡啶和粪臭素含量的影响[J]. 新疆农业科学,2012,49(6):1148-1152.

[48] 王占红,朱延旭,张喜臣,等. 中草药添加剂对肉仔鸡舍气味影响试验观察[J]. 现代畜牧兽医,2012(5):38-41.

Deodorization Technology of Livestock and Poultry Farming

GUO Junrui LIU Guohua* YANG Bin ZHANG Aihua WANG Yuechao

(Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Ministry of Agriculture Key Open Laboratory of Feed Biotechnology, Beijing 100081, China)

Abstract: In recent years, with the rapid development of economy and the improving of people's living standards, large-scale livestock farming has become a mainstream of husbandry. However, as byproducts, the excrement and urine, ammonia (NH_3), hydrogen sulfide (H_2S), skatole (SK), indole, trimethylamine, acrolein and other harmful gases make trouble for sustainable development of animal husbandry, which not only restrain the growth and production performance, but also pollute the environment and harm general public health. This paper reviewed the developing status as well as the existing problems of deodorization technology in livestock and poultry farming, and tried to forecast the developing trends in the future. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(8):1708-1714]

Key words: animal husbandry; deodorization technology