

# 环保型凯氏定氮消化废气处理系统的研究

李石友<sup>1</sup> 郑锦玲<sup>1</sup> 胡小九<sup>1</sup> 徐 英<sup>1</sup> 李琦华<sup>2</sup> 杨国荣<sup>3\*</sup>

1. 云南农业职业技术学院, 昆明 650212; 2. 云南农业大学动物科技学院, 昆明 650100;

3. 云南省草地动物科学研究院, 昆明 650212

**摘要** 为有效处理凯氏定氮消化过程中产生的废气, 在总结传统方法的优点、克服其不足的基础上研制出使用方便、符合环保要求而且成本低廉的处理系统。该系统主要包括废气收集、液化、酸液中和等环节: 采用多支管的玻璃歧管汇集废气, 成多个密闭废气收集通路, 有效收集消化过程中产生的全部废气; 酸液收集容器用 1 000 mL 抽滤瓶代替, 废气吸收装置中安装底部打有多个小孔的硬质塑料瓶, 形成多点混合, 使废气与吸收液充分接触, 从而起到有效吸收废气的目的; 选用 20% ~ 30% 的氢氧化钠溶液为中和液, 其与消化过程中产生的酸性液体发生酸碱中和, 从而降低废液的回收难度及对环境的危害程度。

**关键词** 环保型; 凯氏定氮; 消化废气; 处理系统

蛋白质是构成食品、饲料的主要营养成分之一。作为评价食品、饲料营养价值的重要指标, 粗蛋白的含量常采用凯氏定氮消化法分 4 个步骤进行

测定: 消化、蒸馏、吸收和滴定<sup>[1]</sup>。而在该方法的试样消化过程中, 会排出对人体有害的 SO<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 气体。据有关报道, 当空气中 CO<sub>2</sub> 的体积分数达到 1% 时,

收稿日期: 2017-03-22

基金项目: 云南农业职业技术学院重点课题 - 环保型凯氏定氮消化废气处理系统研制与开发; 云南省现代农业奶牛产业技术体系专项

\* 通讯作者

李石友, 男, 1969 年生, 硕士, 副教授。

## 参 考 文 献

[1] KREMPL C, SCHULTZE B, LAUDE H, et al. Point mutations in the S protein connects the sialic acid binding activity with the enter pathogenicity of transmissible gastroenteritis coronavirus[J]. *J Virol*, 1997, 71(4): 3285-3287.

[2] LAUDE H, GELFI J, LAVENANT L, et al. Single amino acid changes in the viral glycoprotein M affect induction of alpha interferon by the coronavirus transmissible gastroenteritis virus[J]. *J Virol*, 1992, 66(2): 743-749.

[3] CHANG S H, BAE J, KANG T J, et al. Identification of the Epitope Region Capable of Inducing Neutralizing Antibodies against the Porcine Epidemic Diarrhea Virus[J]. *Vaccine*, 2003(21): 4052-4058.

[4] 韦显凯, 侯继波, 姜平. 表达猪流行性腹泻病毒 S 基因片段重组腺病毒的构建与免疫[J]. *中国兽医学报*, 28(10): 1128-1132.

[5] WEINGARTL H, CZUB M, CZUB S, et al. Immunization with modified vaccinia virus nkara-based recombinant vaccine against

severe acute respiratory syndrome is associated with enhanced hepatitis in ferrets[J]. *J Virol*, 2004, 78(22): 12672-12676.

[6] BERMUDEZ-HUMARAN L G, LANGELLA P, CORTES-PEREZ N G, et al. Intranasal immunization with recombinant *Lactococcus lactis* secreting murine interleukin-12 enhances antigen-specific Th1 cytokine production [J]. *Infect Immunol*, 2003, 71(4): 1887-1896.

[7] WANG L M, LI S L, GOU K M, et al. Heterologous expression of stearoyl-CoA desaturase-1 in *Lactococcus lactis* NZ3900[J]. *Chinese Journal of Biotechnology*, 2012, 28(9): 1106-1117.

[8] 唐丽杰, 哈卓, 赵丽丽. 猪乳铁蛋白基因的克隆及其重组乳酸菌表达系统构建[J]. *东北农业大学学报*, 2010(3): 79-84.

[9] LI B, JIANG Y J. Cloning of Bile Salt Hydrolase Gene and Its Expression in Lactic Acid Bacteria[J]. *Journal of Northeast Agricultural University(English Edition)*, 2011(2): 48-53.

[10] LIU H Y, WANG P W, FU Y P. Cloning of Tap II Chalcone Isomerases(CHIIA) Gene and Construction of *Lactococcus Lactis* Expression Vector [J]. *Agricultural Science and Technology*, 2010, 11(4): 44-46.

就会对人体产生危害,达到 4%~5%时,会使人感到气喘、头痛、眩晕,当达到 10%时,使人昏迷,呼气逐渐停止,甚至死亡;SO<sub>2</sub> 能刺激呼吸道使人咳嗽不止,长时间吸入能使人窒息死亡。因此,为了分析人员的健康,实验室必须安装设备设施以消除蛋白质消化过程所产生的废气。

### 1 传统废气处理方法的优劣分析

目前,对凯氏定氮法消化废气的处理有 3 种方法:通风橱排出法、负压水泵抽出法和水吸收、碱中和处理法。

1)通风橱排出法。该方法是将试样消煮置于通风橱内进行,废气通过排风系统排出<sup>[2]</sup>。其优点是处理效果好,且不受消煮炉和消化器规格、型号的制约,因而被广泛采用。但该方法缺点也很明显:①废气处理系统的成本高。由于通风橱占用空间大,需 15~20 m<sup>2</sup> 耐酸、防腐蚀材料制作而成,还需配置排风管道(一般要求高于 3 层楼)及大功率风机,一整套这样的排风系统(包括通柜、通风管道、耐腐蚀风机等)需投入 2 万元以上的资金;②不符合环保要求。因为该方法是将废气直接排放到大气中,会对空气造成严重污染;③维护成本高,需定期更换风机;④影响建筑物外观。

2)负压水泵抽出法。其原理是用一个水流负压抽气泵与消化炉上的消化管相接,当打开水流抽气泵时,产生负压,废气被抽出并溶解在水中随水排走<sup>[3]</sup>。特点是抽气泵价格低,安装方便,废气处理效果好。

缺点:①由于在整个消化过程中,水流抽气泵都需要开启,水资源浪费大。以 8 孔位和 20 孔位的消化炉分别需要 5 L/min、7 L/min 水量计算,一般一个消化过程耗时 4~6 h,则完成一批试样消化的耗水量达 1 200~2 520 L 之多;②由于该方法将废气溶解在水中随水排放,会造成水的污染,也不

符合环保要求;③处理成本高。采用这种方法,排气系统必须处于密闭状态,需购置价格较高的特制消化炉(JRX-20L 目前 1.0 万元左右)。④消化结束后需待冷却到一定温度才可取下消化容器,否则,会有废气排到空气中,对实验室及分析人员造成危害。

3)水吸收、碱中和处理法。水吸收、碱中和处理法是近几年国外开发的一种较为环保的方法。如美国 FOSS、德国 Gerhardt、澳大利亚布奇等著名仪器公司相应开发了此类产品。基本原理是借助抽气泵将废气先用水吸收,后再用碱液中和。特点是处理效果好,基本能够达到环保排放要求。另外设备占用空间小,可在室内处理。

缺点:①价格昂贵(6 万元以上),中小企业或单位不愿购置。②中和所消耗的碱量大,运行成本高。③没有达到零排放要求。

因此,通过分析及试验,找到一种使用方便、价格低廉且符合环保要求的凯氏定氮消化废气处理系统具有重要的现实意义。

### 2 环保型凯氏定氮消化废气处理系统的改进研究

本研究是基于国内外凯氏定氮废气处理装置存在的不足,在充分吸收国外著名品牌普遍采用水吸收、碱中和处理方法的设计思路基础上,提出在对废气抽吸的同时,加装一个雾化装置,使干燥的消化废气与水雾混合,从而改善后续冷凝液化的效果。另外,采用低温循环水箱强制冷凝,提高气体液化效果,同时冷却水可重复使用,达到节约水资源的目的。该系统废气处理工艺流程设计见图 1。

1)废气集气装置的改进。在最初研究方案中,考虑到敞开式集气罩具有不受消化容器的影响、适用性广的特点,故在原技术方案中采用敞开式集气罩收集消化过程中产生的废气。但经观察研究发

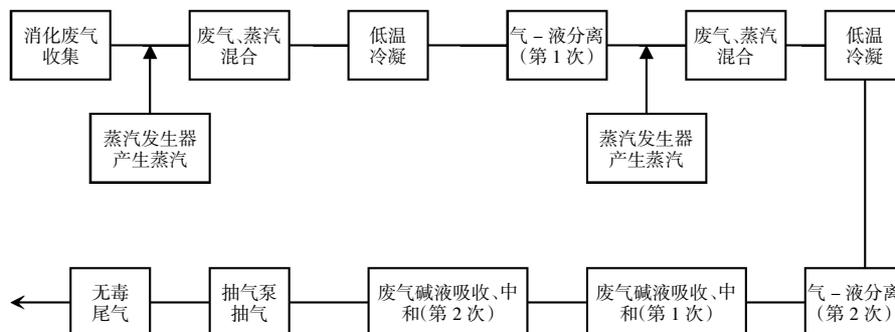


图 1 环保型凯氏定氮消化废气处理系统工艺流程图

现,采用小型真空泵抽气,产生的抽气力量较小,采用敞开式集气罩,真空泵工作时其在集气罩内难以形成较高的负压区,结果只有部分废气被抽入系统的管路中,还有大部分废气则向周围扩散,达不到收集废气的目的。后经反复试验、研究,确定了采用一个多支管的玻璃歧管汇集废气,各支管分别用长度为 35 cm 左右的橡胶软管与具孔胶塞相连,胶塞再与消化管相匹配,形成多个密闭废气收集通路。经实际使用观察,该集气装置由于使用橡胶塞与消化管连接,密封性良好,一方面利于酸雾在消化管内回流、冲洗黏附在消化管管壁上的样品及部分样品消化起初产生的泡沫样物,降低硫酸的消耗;另一方面可有效收集消化过程中产生的全部废气,无废气遗漏现象。而且由于该装置用软管连接,具有使用起来灵活、方便的特点,收集效果较理想。

2) 消化废气液化方法研究和冷凝装置的设计。按照预先设计的思路,将消化废气收集后,经冷凝装置低温冷凝后废气可能变成液态。但经试验证明,在冷凝水温度为 5.5 °C 时,在废液回收瓶中未见有液体产生,而有稀薄的废气烟雾,表明消化废气没有被冷凝成液体;当将冷凝水温度降低至 2.0 °C 时仍然未见液体产生。分析原因可能是,一方面消化废气的主要成分是  $\text{SO}_2$  和  $\text{CO}_2$ , 水蒸汽含量较低,难以从气态变为液态。另一方面,可能是冷凝的路径较短,在较短时间内难以凝结成液态。鉴于此,借鉴超声雾化加湿器的增湿工作原理,在集气装置与气液分离装置(抽滤瓶)之间加装了一个蒸汽发生器,由蒸汽发生器产生的水蒸汽与  $\text{SO}_2$  和  $\text{CO}_2$  混合变为对应的酸,从而使干燥的消化废气变得更易液化。

通过试验比较了自来水冷凝、低温恒温循环水槽强制冷凝 2 种方式,发现低温恒温循环水槽强制冷凝方式佳。自来水冷凝在冬季冷凝效果好,但在夏季冷凝效果不佳,而且耗水量大,不符合资源节约要求;低温恒温循环水槽强制冷凝水温较自来水低,水温恒定,冷凝效果好,且水可循环使用,符合资源节约要求。

低温恒温循环水槽经对多家生产厂商的产品技术参数的比较,选用常州诺基仪器有限公司生产的 DC-0506 型,经实际使用验证仪器运行正常。

3) 废气吸收及气液分离装置设计。废气吸收装置,用一个耐酸碱的硬质塑料瓶,瓶盖中央打 1 孔,插入 1 根耐高温材料制成的玻璃管(玻璃管与瓶盖

结合部应用胶密封),玻璃管上端穿过气液分离容器胶塞,与处理系统的前一装置用橡胶管相连。在塑料瓶的底部打数个小孔,放置于离气液分离容器底部 1.0 ~ 1.5 cm 位置,呈悬空状。

气液分离及吸收液盛装容器选用 1 个 1 000 mL 的玻璃抽滤瓶。

该装置的设计特点是使用类似雨洒的底部多孔硬质塑料瓶,当抽气工作时废气在吸收液中形成“瀑气”状,使废气与吸收液充分接触并发生中和反应,从而起到吸收废气的目的。

该装置可连续安装 2 ~ 3 个,经多级处理即可达到废气吸收的效果。

4) 废气、废液中和溶液筛选。根据凯氏定氮法用浓硫酸消化的特点,研究了分别用浓度为 10%、20%、30% 和 40% 的氢氧化钠溶液作为中和溶液进行废气吸收处理,结果表明 20% ~ 30% 的氢氧化钠溶液较为适宜。而 10% 浓度的氢氧化钠溶液由于过稀,有效吸收量有限;40% 的氢氧化钠溶液则过浓,表现为黏稠,且易对管路造成堵塞。

5) 抽气泵的选择。由于凯氏定氮消化过程中产生的废气为腐蚀性较强的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$  气体,抽气泵宜选用隔膜式抽气泵,而不能用旋片式真空泵,以免造成泵的损坏。在抽气泵参数要求方面,因消化废气的收集始终在一个密闭的管路内进行,选用实验室用的小型隔膜式抽气泵即可。

### 3 新型废气处理系统的特点及创新点

1) 新型废气处理系统的特点。

①结构简单,制造成本低。可利用一般饲料营养分析室的原有的仪器、设备(如抽滤瓶、烧瓶、电炉、真空泵等)组装而成,制造成本低。

②处理效果好,符合环保要求。系统采用强制冷凝方式,与现有其他品牌使用的自来水冷凝方法相比冷凝效果明显提升;采用多级气-液分离、碱液吸收、中和技术,使排放气体中  $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$  残留极低;用氢氧化钠溶液作为吸收液,发生的是酸碱中和反应,回收液中含有的是水、硫酸钠、碳酸钠,便于集中处理。因此,该系统符合环保要求。

③运行成本低,利于推广应用。该系统使用低温恒温循环水槽作为冷凝源,水可长期循环使用,与自来水冷却相比避免了水的浪费;运行成本中主要是用于吸收液的氢氧化钠和电耗,由于氢氧化钠

为强碱,可中和酸的量大,因此成本并不高。在电耗方面,该系统与现有的处理方法相比,仅仅是多了低温恒温循环水槽和蒸汽发生器的电耗,该项成本比浪费水的成本要低得多。

2)新型废气处理系统的创新点。本废气处理系统与现有其他系统相比主要有以下 2 个创新点。

①使用蒸汽发生器产生的蒸汽对来自消化过程中产生的干热废气进行增湿,促进了废气的受冷凝结过程,提高了凝结效果。

②采用低温恒温循环水槽进行强制冷凝,冷凝温度可控,既保证了冷凝效果,同时避免了水资源的浪费。

#### 4 有待进一步研究的工作

1)集气罩的改进。在本试验研究中发现,现设计的集气装置用橡胶塞与消化管连接,虽然方便灵活,但橡胶塞时间长了之后变硬,从而影响了其密封效果。另外,在实际使用过程中由于温度较高,上边黏附的液体腐蚀性强,不便于操作人员操作。因此,废气收集装置的空间布局及使用材料还需进一步研究。

2)蒸汽发生器蒸汽量参数有待研究。由于本试验研究过程中受到条件的限制,仅用常规玻璃凯氏定氮装置的蒸汽烧瓶进行了研究,尽管达到了预期目标,但未做最佳蒸汽量大小的参数测定,因此还需进一步研究。

3)废气处理系统尾气中有害气体残留检测。基

于在本次研究过程中没有相关检测仪器设备,故未做尾气有害气体组成及含量检测,仅凭试验研究人员用鼻子闻来判定处理效果,这不能说不是一大遗憾,因此有待进一步开展相关检测工作。

4)新型废气处理系统仪器化研究。本次进行的废气处理系统为拼凑型系统,各装置、部件连接松散,占用空间大,不便于推广,因此,有必要加以优化,合理布局,最终实现仪器化,加快其推广应用进程。

#### 5 结 论

通过反复研究试验,在总结诸方法的优点,克服其不足的基础上开发了成本低廉、使用方便、符合环保要求的废气处理系统,成功实现了废气的有效收集、液化、吸收、中和处理。具体表现在,采用多支管的玻璃歧管能有效收集凯氏定氮消化过程中产生的废气;废气的液化宜使用低温恒温循环水槽强制冷凝法;酸液收集容器用 1 000 mL 抽滤瓶代替,中和液选用 20%~30%的氢氧化钠溶液较为适宜。

#### 参 考 文 献

[1] 徐杰,苏立新.凯氏法测定粗蛋白质过程消化废气处理方法的改进[J].粮油检测与加工,2010(2):45-46.

[2] 张丽英.饲料分析及质量检测技术[M].北京:中国农业出版社,2012:74,131-140.

[3] 中华人民共和国卫生部.食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[M].北京:中国标准出版社,2010:3.

### 蛋鸡发生互啄的原因

1)饲养密度过大。饲养密度过大是蛋鸡发生互啄的主要原因。饲养密度过大,水槽、料槽不足,鸡群争抢水料,使有些鸡只体内营养缺乏,易发生啄癖。

2)鸡群整齐度差。0~20 周龄,鸡群正处于生长发育时期,体重和骨骼快速增长,若饲养管理不当,会造成鸡群的体重、胫长不达标,使鸡群整齐度差,这样会造成鸡群发生啄癖。

3)鸡舍环境调控不当。如果鸡舍内的空气污浊,有害气体超标,鸡群就会烦躁不安,发生啄癖;温度不均衡,忽冷忽热,会给鸡群造成很大的应激,发生啄癖;鸡舍光照时间过长,强度过大,或光线不均匀,外界光线直接照鸡群,均易发生啄癖。

4)日粮营养不合理。日粮中动物蛋白含量不足,或氨基酸不平衡,鸡群不能有效地利用日粮中的蛋白质,可引起啄癖;钙和磷的缺乏,维生素 B<sub>2</sub>、B<sub>6</sub> 和 B<sub>12</sub> 的缺乏均可引起啄癖。

来源:中国兽药 114 网