

Comparative Study on Ammonia Removal Effect of Several New Deodorants

Jiayi Wang¹, Lei Chu², Shiqing Qin², Qinjin Li^{3*}

¹Xiangya Medical School, Central South University, Changsha Hunan

²Hunan Herun Environmental Engineering LLC, Changsha Hunan

³College of Social Development and Management, Hunan Women's University, Changsha Hunan

Email: *1037683049@qq.com

Received: Sep. 2nd, 2019; accepted: Sep. 19th, 2019; published: Sep. 26th, 2019

Abstract

Objective: To investigate the effect and mechanism of several new deodorants on ammonia removal, in order to provide reference for the promotion and use of deodorant. **Method:** Three kinds of deodorizers were sprayed into the sealed device which is filled with ammonia gas, and the ammonia gas concentration in the device was continuously monitored by the ammonia gas detector. Comparing the deodorizing effects of three kinds of deodorants, three kinds of microbial agents were sequenced by high-throughput sequencing technology, and the diversity and abundance of each group were compared. **Results:** The removal efficiency of ammonia from three deodorants was from Herun 3 (hr3), Herun 2 (hr2), and Herun 1 (hr1); hr1 has the largest number of species and the highest species diversity. hr2 has the lowest number of species and the lowest species diversity. hr3 is in the middle. The content of lactobacillus in firmicutes was higher in hr3. **Conclusion:** The three deodorants provided by herun company can remove ammonia gas efficiently, and hr3 has the highest deodorization efficiency. The possible reason for hr3's high deodorization efficiency is the high content of lactobacillus.

Keywords

Microbial Deodorant, Herun, Ammonia, Abundance

几种新型除臭剂对氨气去除效果的比较研究

王嘉怡¹, 褚磊², 秦世庆², 李秦晋^{3*}

¹中南大学湘雅医学院, 湖南 长沙

*通讯作者。

²湖南和润环境工程有限责任公司, 湖南 长沙

³湖南女子学院社会发展与管理学院, 湖南 长沙

Email: 1037683049@qq.com

收稿日期: 2019年9月2日; 录用日期: 2019年9月19日; 发布日期: 2019年9月26日

摘要

目的: 探讨几种新型除臭剂对氨气去除效果及机制, 以期为除臭剂的推广使用提供参考依据。**方法:** 向充满氨气的密封装置内分别喷洒三种除臭剂, 用氨气检测仪持续监测装置内氨气的浓度变化。比较三种除臭剂的除臭效果, 采用高通量测序技术对三种菌剂进行测序, 比较各组菌群的多样性及丰度。**结果:** 3种除臭剂对氨气的去除效率由高到低依次为和润产品3 (hr3)、和润产品2 (hr2)、和润产品1 (hr1); hr1的物种数量最多, 物种多样性最高; hr2的物种数量最少, 物种多样性最低; hr3居中; hr3菌群中厚壁菌门的乳杆菌属含量较高。**结论:** 和润公司提供的三种除臭剂均能高效的去除氨气, 以hr3的除臭效率最高; hr3除臭效率高的可能原因是乳杆菌属含量较高。

关键词

微生物除臭, 和润, 氨气, 丰度

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着社会经济的不断发展, 环境的承载压力逐渐加大, 一些由于生产生活产生的臭气, 不仅对环境造成极大污染, 还严重影响人们的身体健康。在不同臭气源中, 垃圾填埋场和养殖场禽舍内的臭气是国内外研究的热点。生活垃圾与粪便中含脂肪和蛋白质, 在分解过程中会产生多种恶臭物质, 主要包含氨、硫化氢、甲基硫、甲硫醇、二硫甲基、三甲胺、乙醛、苯乙烯等[1] [2]。恶臭气体含有特征发臭基团, 按组成可分为5类: ① 含硫化合物, 如硫化氢、二氧化硫等; ② 含氮化合物如氨气、吡啶等; ③ 卤素及其衍生物, 如氯气、卤代烃等; ④ 烃类, 如烷烃、烯烃、芳香烃等; ⑤ 含氧有机化合物, 如醇、酚、有机酸等。大多数恶臭气体经气相色谱检测发现, 大都包括含硫化合物、含氮化合物及含氧化合物, 其他种类的物质很少。在考虑脱臭措施时, 一般以氨气和硫化氢为主要对象, 其它物质所造成的臭味不大。

氨气是一种具有刺激性气味的无色气体, 可使脂肪组织发生皂化反应, 还可能导致蛋白质变性, 从而破坏生物膜结构。长时间接触低浓度的氨气可造成慢性鼻炎、咽炎、喉痛、声音嘶哑等症状。高浓度氨能灼烧眼睛、皮肤、呼吸器官的黏膜。氨气极易溶于水, 易与血红蛋白结合, 影响氧气的运输, 短期内大量吸入会导致呼吸困难、胸闷, 若浓度过高甚至还会影响神经系统, 造成心脏停搏[3]。另外, 氨气能影响禽类的生长性能, 并引起呼吸道疾病、免疫力下降等症状[4]。除此之外, 当氨气排放到空气中时, 会与硫化物和氮化物形成 PM2.5 颗粒, 造成严重的空气污染[5]。

目前常见的除臭(氨气)方法包括: 化学洗涤法、物理吸附法、生物法、植物提取液吸收法、离子氧化法、光催化氧化法和热力氧化法等等, 由于微生物除臭法具有除臭效率高、所需设备简单、易操作、无二次污染、价格低廉、管理维护方便等优点[6] [7] [8], 因此, 微生物除臭技术得到了迅速的发展和广泛

的应用，成为了目前最受欢迎的恶臭污染控制技术之一。随着人们对环境质量要求的提高，臭气污染的治理也变得越来越迫切。因此，对几种新型高效微生物除臭剂对氨气去除效果的比较研究，并探讨其去除氨气的机制，以为臭气污染的治理提供参考依据。

2. 材料与amp;方法

2.1. 实验材料

用于检测氨气去除效果的实验装置如图 1 所示，其中：正方体密封装置的尺寸(内径)为长 × 宽 × 高 = 500 mm × 500 mm × 500 mm，氨气标准气体(10 L 容积，外径 × 高度 = 165 mm × 800 mm，空瓶重 16 kg，工作压力 15 MPa)于青岛安泰科气体有限公司购得，氨气检测仪(美国 ESC，Z-800XP)购买自上海迈哲电子科技有限公司，高压喷雾装置以及测试样品(微生物除臭剂 hr1，微生物除臭剂 hr2，微生物除臭剂 hr3)由湖南和润环境工程有限责任公司提供；用于装置换气的抽气泵(台湾 ATEST，ATS-BC)购自上海力辰邦西仪器科技有限公司；用于制备去离子水的实验室超纯水机(上海 Thelab，Dura Pro)购自上海和泰仪器有限公司。用于除臭机制研究实验的高通量测序仪(美国 Illumina，HiSeq2500)购自上海普迪生物技术有限公司。

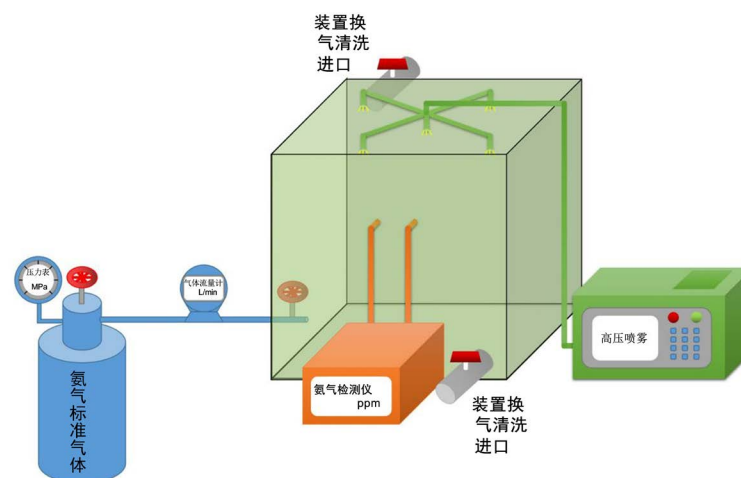


Figure 1. Experimental setup of ammonia removal effect test
图 1. 氨气去除效果测试实验装置图

2.2. 实验方法

2.2.1. 氨气去除效果测试实验

1) 样品处理

取微生物除臭剂 hr1，微生物除臭剂 hr2，微生物除臭剂 hr3 原液各 5 mL，用去离子水稀释至 500 mL，保存待用。

2) 效果测试

首先对正方体密封装置进行检测，确保进气阀门和换气进出口阀门处于关闭状态；然后打开氨气检测仪，使其处于工作(连续读数)状态。打开氨气标准气体钢瓶阀门，缓慢开启正方体密封装置进气阀门，调节流量至 0.12 L/min，5 s 后关闭正方体密封装置进气阀门。借助抽气泵，通过正方体密封装置的换气进出口阀门，调节正方体密封装置内的氨气初始浓度为 60 ppm。同时，将稀释好的样品(500 mL)加入高压喷雾装置的进样池。待氨气检测仪所测氨气初始浓度在 60 ppm 处保持 30 s 后，开启高压喷雾装置，并

开始计时,过程中记录氨气检测仪的数值变化,氨气检测仪的读数为零或30 s内读数不发生变化时,实验结束。

2.2.2. 除臭机理研究

对微生物除臭剂 hr1, 微生物除臭剂 hr2, 微生物除臭剂 hr3 用 HiSeq2500 高通量测序仪进行测序。

1) 对原始测序序列进行过滤、双端拼接,得到优化序列。

2) 将优化序列进行聚类,划分 OTU (Operational Taxonomic Units)聚类并根据 OTU 的序列组成得到其物种分类。

3) 基于 OTU 分析结果,对样品在各个分类水平上进行分类学分析,获得各样品在门、纲、目、科、属、种分类学水平上的群落结构图、物种聚类热图、属分类学水平系统进化发生树及分类学树状图。

4) 通过 Alpha 多样性分析研究单个样品内部的物种多样性,统计了各样品在 97%相似度水平下的 Ace、Chao1、Shannon 及 Simpson 指数。

3. 结果与讨论

3.1. 三种样品对氨气的去除效果与分析

为考察所测样品对氨气的去除效果及其差异,对三种样品(微生物除臭剂 hr1, 微生物除臭剂 hr2, 微生物除臭剂 hr3)的氨气去除性能进行了测定,结果如图 2 所示(详细参数见表 1)。

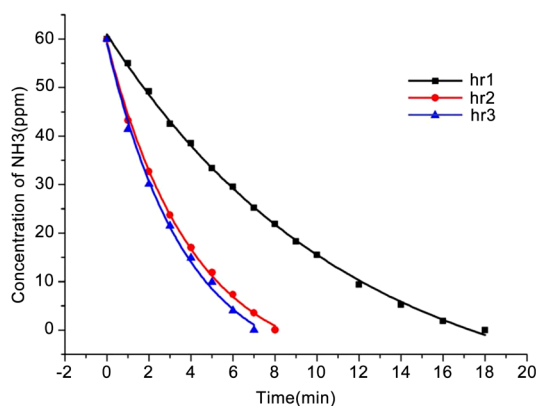


Figure 2. Removal efficiency of ammonia

图 2. 氨气的去除效果

Table 1. The comparison of ammonia removal rates of three deodorants

表 1. 三种微生物除臭剂对氨气去除速率的比较

样品名称	比较项目			
	氨气初始浓度(ppm)	除臭剂喷洒 7 min 时的氨气浓度(ppm)	氨气去除率达 100%所用的时间(min)	氨气去除的平均速率(ppm/min)
hr1	60	25.2	18	3.333
hr2	60	3.5	8	7.500
hr3	60	0	7	8.571

可以看到, 所测试的三种样品对正方体密封装置内氨气处理一段时间后, 均使氨气浓度降为 0 ppm, 这表明三种微生物除臭剂对于氨气都有去除效果。然而, 可以发现的是, 三种样品对于氨气的去除效率是不同的。在除臭剂喷洒 7 min 时, hr3 微生物除臭剂已将氨气处理至 0 ppm, 而 hr1、hr2 微生物除臭剂还未将氨气去除完全, 因此, hr1 微生物除臭剂的氨气去除性能最好, 其氨气去除的平均速率为 8.571 ppm/min。通过比较, 按照氨气去除性能的优劣进行排序, 三种微生物除臭剂的排序如下: hr3 > hr2 > hr1。三种除臭剂氨气去除性能差异, 可能是由于各自所含成分的不同导致的, 因此, 需要对三种微生物除臭剂的成分进行分析, 以探究其氨气去除效果的机制。

3.2. 氨气去除效果机制的研究

为探明三种微生物除臭剂对氨气的去除效果机制, 对其进行了高通量测序分析。三种微生物除臭剂的物种分布图, 如图 3 所示, hr1 以 *Proteobacteria* (变形菌门) 为主, 含少量 *Firmicutes* (厚壁菌门) 和 *Actinobacteria* (放线菌门), 含极少量的 *Fusobacteria* (梭杆菌门)、*Bacteroidetes* (拟杆菌门)、*Cyanobacteria* (蓝藻菌门)。hr2 以厚壁菌门微生物为主, 约占 80%, *Proteobacteria* 约占 20%。而 hr3 中厚壁菌门微生物所占比例更高, 达 95% 以上, 含少量的 *Proteobacteria*。由 3.1 可知, hr2、hr3 微生物除臭剂的氨气去除效率远高于 hr1, 且二者的氨气去除效率较为相近, 这可能是因为二者的成分均以厚壁菌门微生物为主。hr3 中厚壁菌门微生物所占比例更高的发现更进一步解释了 hr3 微生物除臭剂的氨气去除效率高于 hr2 的原因。因此, 可以这样认为, 在这三个样品中, 导致氨气去除性能更为优越的原因在于厚壁菌门微生物在其成分中所占的比例的多寡。

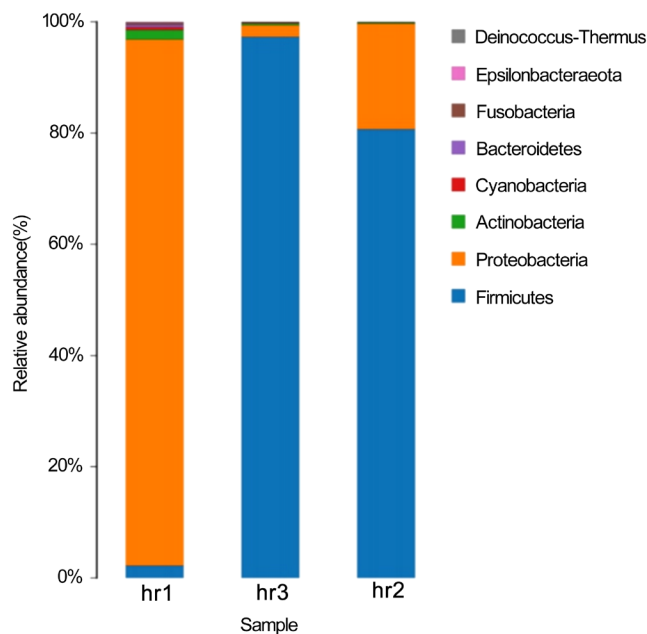


Figure 3. Species distribution map
图 3. 物种分布图

三种微生物除臭剂的聚类树柱状关系如图 4 所示。图左为样品聚类树(同 UPGMA): 基于 Beta 多样性分析得到的四种距离矩阵, 通过 Python 语言工具对样品进行层次聚类, 用以判断各样品间物种组成的相似性, 样品越靠近, 枝长越短, 说明两个样品的物种组成越相似。由图 4 可知, hr1 和 hr3 的物种组成比较相似。图 4 的右则为各样品属水平的丰度柱状图, 用以判断各样品间物种丰度的相似性, 根据各色

块所占比例比较各样品的物种多样性高低、丰度相似性以及优势物种。hr1 以 *Pseudomonas* (假单胞菌) 为主, 含少量的 *Massilia* (马赛菌属)、*Acinetobacter* (不动杆菌属)、*Stenotrophomonas* (单胞菌属)、*Rhodococcus* (红球菌属) 及其他菌属; hr2 以 *Lactobacillus* (乳杆菌属) 为主, 含少量红球菌属和其他菌属; hr3 以乳杆菌属为主, 含少量的不动杆菌属。因此, 很显然, 虽然 hr1 和 hr3 的物种组成比较相似, 但这并不是其氨气去除性能的决定性因素; 其物种组成中所含乳杆菌属的占比才是关键因素。

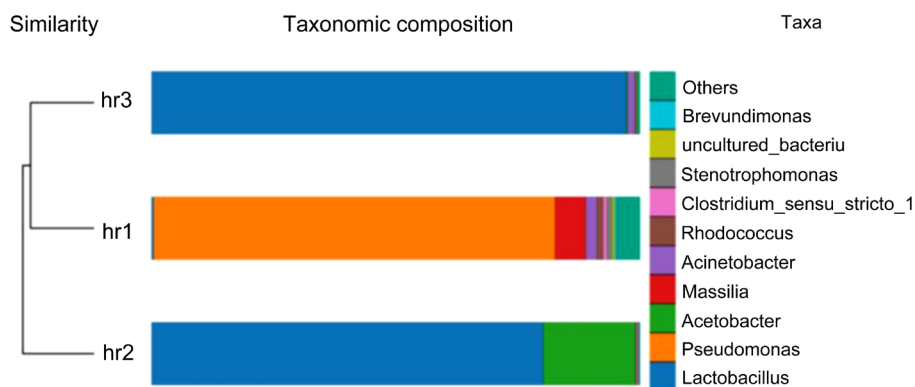


Figure 4. Cluster tree histogram combination chart

图 4. 聚类树柱状图组合图

三种微生物除臭剂的样品丰度如图 5 所示。Alpha 多样性反映的是单个样品物种丰度及物种多样性, 有多种衡量指标: Chao1、Ace、Shannon、Simpson。Chao1 和 Ace 指数衡量物种丰度即物种数量的多少。Shannon 和 Simpson 指数用于衡量物种多样性, 受样品群落中物种丰度和物种均匀度的影响。相同物种丰度的情况下, 群落中各物种具有越大的均匀度, 则认为群落具有越大的多样性, Shannon 指数值越大, Simpson 指数值越小, 说明样品的物种多样性越高[9]。另外还统计了 OTU 覆盖率 Coverage, 其数值越高, 则样本中物种被测出的概率越高, 而没有被测出的概率越低。该指数反映本次测序结果是否代表了样本中微生物的真实情况。由表 2 可得, 在三种除臭剂中, hr1 的物种数量最多, 物种多样性最高; hr2 的物种数量最少, 物种多样性最低; hr3 居中。

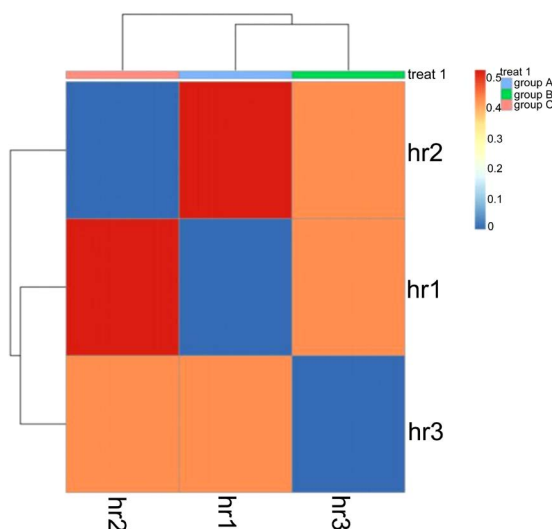


Figure 5. Sample abundance heat map

图 5. 样品丰度热图

Table 2. Alpha diversity index statistics
表 2. Alpha 多样性指数统计

Sample ID	OTU	ACE	Chao1	Simpson	Shannon	Coverage
hr1	92	93.6623	102.0	0.6566	1.1161	0.9999
hr2	54	82.8483	66.3636	0.6696	0.5945	0.9997
hr3	78	92.4273	86.0	0.4644	0.9187	0.9998

注: Sample ID 为样品名称; OTU 为 OTU 的个数; Chao1、Ace、Shannon、Simpson 分别表示各个指数; Coverage 是样本文库的覆盖率。

本实验比较了三种新型生物除臭剂对氨气的去除效果,发现他们对氨气去除的效率有所不同,由高到低依次为 hr3、hr2、hr1。通过高通量测序技术发现 3 种除臭剂所含菌群丰度及多样性均不同,hr1 中物种多样性和丰度均较高,而除臭效率较高的 hr2 中物种多样性和丰度较低,因此,物种的多样性和丰度并不是决定除臭效率的单一因素。另外,需要适宜的湿度、pH 值、氧气含量、温度和营养成分等,才能保证微生物的高活性状态[10],才能保证除臭效率。hr3 制剂中乳杆菌属比例较高,而 hr1 制剂中乳杆菌属含量较低,由此推测三种制剂去除氨气速率不同的原因可能是菌群种类的比例不同,乳杆菌属含量越高,对氨气的去除效率越高。曾苏等[11]的研究也证明了这一点,他们发现嗜酸乳杆菌对氨气的去除效率最高,达到了 67.68%、乳酸片球菌属为 62.25%、巨大芽胞杆菌为 51.78%、粪产碱杆菌为 56.25%,而由它们组成的复配组合达到的对氨气的最大去除率为 83.56%。也有研究发现,鼠李糖乳杆菌和唾液乳杆菌能降低氨浓度、盲肠内 pH 值,提高盲肠乳酸菌浓度,可能与菌能分泌有机酸(乳酸)和细菌素等有关[12]。由于在一个稳定的环境中,各种微生物是以种群的形式生存的,相互之间存在非常复杂的协同、相加或拮抗等关系。因此,调整合适的菌群比例对提高氨气的去除效率有着至关重要的作用。

4. 结论

- 1) 和润公司生产的三种除臭剂均能高效去除氨气,以 hr3 去除氨气的效率最高。
- 2) hr3 去除氨气效率较高的可能原因是乳杆菌属含量较高。

致 谢

本论文从选题到完成,都是在杨飞老师的指导下完成的。在此,向杨老师表示崇高的敬意和由衷的感谢!本论文的顺利完成,离不开湖南和润环境工程有限责任公司提供的技术实验平台,在此表示深深的感谢!

基金项目

湖南省重点研发计划(项目编号:2018SK20111)。

参考文献

- [1] 李万江. 环卫工程中除臭技术的研究分析[J]. 资源节约与环保, 2017(2): 11+14.
- [2] 吕荣谋. 生活垃圾处理设施恶臭治理工艺分析[J]. 环境与可持续发展, 2017, 42(3): 103-105.
- [3] 王帅丹. 生物除臭菌株的筛选及其在臭气处理中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2016.
- [4] 朱春红, 章双杰, 陶志云, 等. 禽舍内氨气产生、危害及其有效减排措施[J]. 家畜生态学报, 2019, 40(6): 72-77.
- [5] Stokstad, E. (2014) Air Pollution Ammonia Pollution from Farming May Exact Hefty Health Costs. *Science*, **343**, 238-258. <https://doi.org/10.1126/science.343.6168.238>
- [6] 贾华清. 畜禽粪便的除臭技术研究进展[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(5): 49-51.
- [7] 单婕, 邵孝侯. 有效微生物与调理剂在奶牛粪堆肥中的保氮与除臭效应[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(2):

646-648+650.

- [8] 简保权, 朱舒平, 邓昌彦, 等. 猪粪堆肥过程中 NH_3 和 H_2S 的释放及除臭微生物的筛选研究[J]. 农业工程学报, 2006(S2): 183-186.
- [9] Grice, E.A., Kong, H.H., Sean, C., *et al.* (2009) Topographical and Temporal Diversity of the Human Skin Microbiome. *Science*, **324**, 1190-1192. <https://doi.org/10.1126/science.1171700>
- [10] 宋瑞霖. 关于污水处理厂除臭技术几种方法效果的比较[J]. 科技视界, 2016(17): 209-211.
- [11] 曾苏, 李南华, 贺琨, 等. 垃圾微生物除臭剂的筛选、复配及其培养条件的优化[J]. 微生物学杂志, 2015, 35(2): 72-77.
- [12] 杜元军, 邱慧玲, 朱连勤, 等. 鼠李糖乳杆菌对氨处理效果的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(14): 157-160.