(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110257437 B
(45)授权公告日 2021.07.30

(21)申请号 201910582356.3
(22)申请日 2019.07.01
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110257437 A
(43)申请公布日 2019.09.20
(73)专利权人 北京工商大学
地址 100048 北京市海淀区阜成路33号
(72)发明人 祁光霞 孟伟 查金 张思梦 任连海
(74)专利代理机构 北京市广友专利事务所有限责任公司 11237
代理人 耿小强
(51)Int.Cl.
C12P 5/02(2006.01)

审查员 刘芳

权利要求书1页 说明书6页

(54)发明名称

一种餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法

(57)摘要

本发明公开了一种餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法，属于有机固体废物资源化利用技术领域，包括以下步骤：(1)工业废酵母或活性饲料酵母的活化；(2)厌氧接种污泥和餐厨垃圾之间的接种，接种比0.8～1.5，以VS计；(3)厌氧处理：根据反应器容积，用氮气或沼气吹扫3～30分钟，厌氧发酵温度为33-38℃。本发明的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法，启动时间缩短(<20天)，有助于实验室快速开展极易酸化的餐厨垃圾、有机生活垃圾等有机固体废物的干式厌氧发酵机理和相关微生物群落结构及功能变化，也有助于进一步降低极易酸化的餐厨垃圾、有机生活垃圾等有机固体废物的干式厌氧实际工程的启动难度，并且提高反应器的稳定性和甲烷产率。

CN 110257437 B

1.一种餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法,包括以下步骤:

(1)工业废酵母或活性饲料酵母的活化

以1质量%~5质量%的葡萄糖配制培养基,灭菌后,接种1质量%~3质量%的工业废酵母或活性饲料酵母,在转速为140~170 rpm,温度为33~38℃条件下,厌氧活化1~2 h,得活化的工业废酵母和/或活性饲料酵母;

(2)厌氧接种污泥与餐厨垃圾之间的接种

将步骤(1)制备的活化的工业废酵母和/或活性饲料酵母、厌氧接种污泥和餐厨垃圾按一定质量比例加入到干式厌氧发酵反应器,填充量为反应器有效容积的60~80%,还包括铁类添加剂;所述活化的工业废酵母和/或活性饲料酵母与干式厌氧发酵反应器内的物料的质量百分比为2~3%;所述铁类添加剂与物料的用量比为1/200~1/100;所述干式厌氧发酵反应器初始加入的厌氧接种污泥与餐厨垃圾之间的接种比,以挥发性固体计,在0.8~1.5之间;所述的铁类添加剂由铁和铁的氧化物组成;铁与铁的氧化物的质量比为0.5~1.6,铁类添加剂的粒径范围为1~1000μm;餐厨垃圾的碳氮比<10;

(3)厌氧处理

根据反应器容积,用氮气或沼气吹扫3~30分钟,厌氧发酵温度为33-38℃。

2.根据权利要求1所述的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法,其特征在于:步骤(1)中葡萄糖培养基的溶剂为水,葡萄糖用量为2 质量%。

3.根据权利要求1所述的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法,其特征在于:步骤(2)中厌氧接种污泥的含固率在15~20%之间;步骤(2)中餐厨垃圾的含固率在20~30%之间。

4.根据权利要求1所述的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法,其特征在于:步骤(2)中干式厌氧发酵反应器为序批式厌氧发酵反应器、半连续式厌氧发酵反应器、全混式反应器或推流式反应器。

5.根据权利要求1所述的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法,其特征在于:步骤(3)中厌氧接种污泥为厌氧颗粒污泥与絮状污泥的任意比例的混合。

一种餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法，属于有机固体废物资源化利用技术领域。

背景技术

[0002] 厌氧发酵技术是一种能将有机质转变为清洁能源的技术，能实现餐厨垃圾、秸秆等有机质的资源化利用。与传统湿式厌氧发酵相比，干式厌氧发酵(TS 20％-40％)具有许多优势：(1)发酵原料为固态，用水量少，基本不产生沼液，无沼液处理问题；(2)沼渣含水率低，做成有机肥料可产生经济效益；(3)有机负荷高，反应器体积小，可节省占地面积。

[0003] 然而，干式厌氧发酵由于反应器物料含固率高，传质扩散效率差，干式厌氧发酵产生的中间代谢产物极易发生累积，如挥发性脂肪酸和氨氮，造成局部“酸积累”和“氨抑制”，对产甲烷菌造成抑制，处理效率和产气速率均低于传统湿式厌氧发酵。另外，当利用餐厨垃圾、厨余垃圾作为发酵底物，其高有机质含量、易腐败酸化等特点，进一步降低了干式厌氧系统发酵效率，导致餐厨垃圾干式厌氧发酵系统启动时间长，高负荷时难以启动以及启动后运行不稳定等问题。

[0004] 2015年11月11日公开的，专利申请号为CN201510489806，发明名称为“生活垃圾干式厌氧发酵系统的启动用组合物及启动方法”的中国发明专利申请公开了一种生活垃圾干式厌氧发酵系统的启动用组合物及启动方法，用于启动大型生活垃圾干式厌氧发酵系统。在所述发酵罐中，添加固体活性污泥作为发酵接种物提供发酵过程所需各类菌群，添加熟化堆肥或秸秆和/或木屑作为营养结构物使发酵罐内快速达到适合厌氧菌种繁殖的条件，缩短菌种驯化和适应周期，从而实现快速启动。该专利主要利用结构营养物中的好氧微生物快速消耗其中氧气并营造厌氧条件从而实现快速启动，然而该过程要求启动用组合物在的装填量需达到发酵罐有效容积的40～80％，另外需在启动阶段严格控制湿度25～35％、pH 7～8，启动三周以后才可实现5～6kg V天M/m3/天的满负荷处理生活垃圾。然而生活垃圾含水率大，极易酸化，因而在启动阶段的湿度控制需要大量鼓风，pH控制需要添加大量的碱，同时启动用组合物装填量过大，在实际工程的干式厌氧反应器启动中容易出现启动用组合物供给不足的现象，很难进行推广应用。

[0005] 2016年7月20日公开的专利申请号为CN201610282232X的中国发明专利申请公开了一种利用瘤胃微生物提高干式厌氧发酵有机固体废物资源化利用率的方法，属于有机固体废物资源化处理领域；首先利用沼液等氨化剂对纤维素类生物质进行预处理，预处理后的纤维素类生物质与禽畜养殖废弃物按C/N为20-30:1的比例进行混合配料，混合过程添加瘤胃微生物菌剂，调节pH为6.5-7.5，利用瘤胃微生物高效水解和产甲烷的特性进行厌氧发酵。该技术方案的缺点在于：主要是针对禽畜养殖废弃物和纤维素类生物质联合干式厌氧发酵提出的提高两类物质厌氧产气效率和发酵残渣肥效并同时避免发酵沼液的处理难题。但该集成工艺只适用于针对特定的废物类型组合(必须含有纤维素类生物质)，需要辅助调节及控制pH，同时瘤胃微生物接种菌剂的体外驯化培养步骤繁琐且时间长达25-35天，需要

配置大量化学组成复杂的缓冲液实现微生物菌剂的扩培。另外，脱水瘤胃微生物接种菌剂的接种量大(达到纤维素类生物质和禽畜养殖废弃物总干重5～50％)，在极易酸化的餐厨垃圾以及有机生活垃圾的干式厌氧消化实际工程中难以应用。

[0006] 2018年01月19日公开的，专利申请号为CN201710882406.0，发明名称为“一种添加钢渣使酸化产沼系统恢复产气的方法”的中国发明专利申请公开了一种添加钢渣使酸化产沼系统恢复产气的方法，即：在所述酸化产沼系统中，添加钢渣量1.2～2.2g/(L-发酵液)，使得体系初始pH调至pH 6.0～8.5，于33～37℃条件下进行恢复产气。本发明所述的酸化产沼系统中pH≥4.50，酸化时间(从不产气开始计算)不超过5天；所述的钢渣氧化钙含量为40～60％，氧化镁含量为2％～10％，该专利主要利用钢渣调节改善酸化产沼系统的pH，恢复其产气能力，但是钢渣的酸碱缓冲容量有限，需要投加大量钢渣，这样就增加了后续沼渣的产量和处理难度，另外也给厌氧设备正常运行造成困难，容易造成设备磨损及腐蚀，因此该专利技术并未得到推广应用。

[0007] 2018年01月12日公开的，专利申请号为CN201710884716.6，发明名称为“一种添加酵母菌使酸化产沼系统恢复产气的方法”的中国发明专利申请公开了一种添加酵母菌使酸化产沼系统恢复产气的方法，该方法具体包括以下步骤：在所述酸化产沼系统中，加入质量为其固形物含量(以VS计)0.8～2.0％(W/W)的活化酵母菌，于33～37℃条件下进行恢复产气。该发明所述的酸化产沼系统中还原糖浓度不低于15g/L，挥发性脂肪酸含量范围为4～22g/L，pH值为4.50～5.80。但其缺点在于：添加酵母菌的应用条件苛刻，需要额外添加葡萄糖等底物保证还原糖浓度，成本高，并且添加酵母菌恢复产沼系统的产气需要的时间周期长，并不能满足实际的工业应用需求。

[0008] 因此，提供一种具有操作简便、启动负荷高、启动速度快、启动后反应器能稳定运行等特点的在低接种比条件下的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法就成为该技术领域亟需解决的技术难题。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种在低接种比条件下的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法，该方法具有操作简便、启动负荷高、启动速度快、启动后反应器能稳定运行等特点。

[0010] 本发明的上述目的是通过以下技术方案达到的：

[0011] 一种餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法，包括以下步骤：

[0012] (1)工业废酵母或活性饲料酵母的活化

[0013] 以1～5％(质量百分数)的葡萄糖配制培养基，灭菌后，接种1～3％(质量百分数)的工业废酵母或活性饲料酵母，在转速为140～170rpm，温度为33～38℃条件下，厌氧活化1～2h，得活化的工业废酵母和/或活性饲料酵母；

[0014] (2)厌氧接种污泥与餐厨垃圾之间的接种

[0015] 将步骤(1)制备的活化的工业废酵母和/或活性饲料酵母、厌氧接种污泥和餐厨垃圾按一定质量比例加入到干式厌氧发酵反应器，填充量为反应器有效容积的60～80％，还包括铁类添加剂；所述活化的工业废酵母和/或活性饲料酵母占干式厌氧发酵反应器内的物料的质量百分比为1～9％；所述铁类添加剂与物料的用量比为1/400～1/50；所述干式厌

氧发酵反应器初始加入的厌氧接种污泥与餐厨垃圾之间的接种比在0.8～1.5(以挥发性固体(VS)计)之间；

[0016] (3)厌氧处理

[0017] 根据反应器容积，用氮气或沼气吹扫3～30分钟，厌氧发酵温度为33-38℃。

[0018] 优选的，所述步骤(1)中所述葡萄糖培养基的溶剂为水。

[0019] 优选的，所述步骤(1)中所述葡萄糖用量为2％。

[0020] 优选的，所述步骤(2)中所述活化的工业废酵母和/或活性饲料酵母与干式厌氧发酵反应器内的物料的质量百分比为2～3％。

[0021] 优选的，所述步骤(2)中所述铁类添加剂由铁和铁的氧化物组成。

[0022] 优选的，所述步骤(2)中所述铁类添加剂中铁与铁的氧化物的质量比为0.5～1.6。

[0023] 优选的，所述步骤(2)中所述铁类添加剂的粒径范围为10μm，保证添加剂的充分混匀。

[0024] 优选的，所述步骤(2)中所述厌氧接种污泥的含固率在15～20％之间。

[0025] 优选的，所述步骤(2)中所述铁类添加剂与物料的用量比为1/200～1/100。

[0026] 优选的，所述步骤(2)中所述厌氧接种污泥为厌氧颗粒污泥与絮状污泥的混合任意比例的混合。

[0027] 优选的，所述步骤(2)中所述厌氧颗粒污泥为处理高浓度有机废水的颗粒污泥，所述絮状污泥为市政污水厂污泥厌氧消化的液体污泥。

[0028] 优选的，所述步骤(2)中所述餐厨垃圾的含固率在20～30％之间。

[0029] 优选的，所述步骤(2)中所述餐厨垃圾的C/N比(碳氮比)<10。

[0030] 优选的，所述步骤(2)中所述活化的工业废酵母和/或活性饲料酵母在干式厌氧发酵反应器启动开始时随物料一起加入，并混合均匀。

[0031] 优选的，所述步骤(3)经过厌氧处理，干式厌氧发酵反应器在5～8天内成功启动并稳定产气，15～20天内完成产气，甲烷产率最高为200～350NmL/gVS。

[0032] 优选的，所述步骤(2)中所述干式厌氧发酵反应器为序批式厌氧发酵反应器、半连续式厌氧发酵反应器、全混式反应器或推流式反应器。

[0033] 有益效果：

[0034] 本发明针对餐厨垃圾干式厌氧发酵在低接种比条件下启动困难以及启动后运行不稳定等问题，通过向干式厌氧发酵反应器中加入厌氧接种污泥和生物-非生物混合添加剂，利用铁类添加剂联合工业废酵母和/或活性饲料酵母的综合特性，降低干式厌氧发酵反应器中氧化还原电位，强化工业废酵母和/或活性饲料酵母的活性，促进有机质水解和转化，为厌氧发酵微生物提供适宜的生存环境，缩短反应器启动时间，实现干式厌氧发酵反应器高负荷快速启动和启动后稳定运行，解决了餐厨垃圾干式厌氧发酵启动慢、效率低以及运行不稳定等问题。同时也为村镇有机生活垃圾干式厌氧发酵提供一种可行方法。本发明的在低接种比条件下的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法能提高餐厨垃圾干式厌氧发酵的启动速度和处理负荷，运行稳定性好。

[0035] 下面结合具体的实施例，并参照数据进一步详细地描述本发明。应理解，这些实施例只是对本发明进行进一步说明，不能理解为对本发明保护范围的限定，该领域的技术工程师可根据发明的内容对本发明做出一些非本质的改进和调整。

具体实施方式

[0036] 在本发明中所使用的术语，除非有另外说明，一般具有本领域普通技术人员通常理解的含义。

[0037] 在以下的实施例中，未详细描述的各种过程和方法是本领域中公知的常规方法。所用试剂的来源、商品名以及有必要列出其组成成分者，均在首次出现时标明，其后所用相同试剂如无特殊说明，均与首次标明的内容相同。

[0038] 以下实施例中所用原料为市售产品。

[0039] 实施例1

[0040] 一种在低接种比条件下的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法，包括以下步骤：

[0041] (1)活化工业废酵母菌菌液的制备

[0042] 配制2％(质量百分数)的葡萄糖培养基，灭菌后，接种2％(质量百分数)的市售工业废酵母，在转速为150rpm，温度为35℃条件下，厌氧活化2h，得到活化工业废酵母菌菌液；

[0043] (2)厌氧接种污泥与餐厨垃圾之间的接种

[0044] 将市售含固率17％的颗粒污泥与市售含固率16％的絮状污泥按质量比2:1混合为含固率为16.8％的厌氧接种污泥，按接种污泥与餐厨垃圾接种比1.5(以VS计)与含固率23.3％的湿热除油后餐厨垃圾混合，加入到序批式厌氧发酵反应器，填充量为反应器有效容积的65％，餐厨垃圾的C/N比(碳氮比)<10，然后分别添加3％(质量百分数)步骤(1)制备的活化工业废酵母菌菌液(活化工业废酵母)，1/400的铁和1/400的铁氧化物，粒径范围为10μm，并进行搅拌，使物料充分混匀；

[0045] (3)厌氧处理

[0046] 步骤(2)中，物料装填完毕，用氮气吹扫3分钟并密封，在37℃条件下进行中温厌氧发酵，第2天成功启动并稳定产气，20天内结束产气，甲烷产率为246mL/gVS。

[0047] 实施例2

[0048] 一种在低接种比条件下的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法，包括以下步骤：

[0049] (1)活化工业废酵母菌菌液的制备

[0050] 配制2％(质量百分数)的葡萄糖培养基，灭菌后，接种2％(质量百分数)的市售工业废酵母，在转速为150rpm，温度为35℃条件下，厌氧活化2h，得到活化工业废酵母菌菌液；

[0051] (2)厌氧接种污泥与餐厨垃圾之间的接种

[0052] 将含固率17％的颗粒污泥与含固率16％的絮状污泥按质量比2:1混合为含固率16.8％的调配污泥，按接种污泥与餐厨垃圾接种比1.5(以VS计)与含固率11.8％的厨余垃圾混合均匀，加入到半连续式厌氧发酵反应器，填充量为反应器有效容积的70％，餐厨垃圾的C/N比(碳氮比)<10，分别添加3％(质量百分数)的步骤(1)制备的活化工业废酵母菌菌液(活化工业废酵母)，1/400的铁和1/400的铁氧化物，粒径范围为10μm，并进行搅拌，使物料充分混匀；

[0053] (3)厌氧处理

[0054] 步骤(2)中，物料装填完毕，用氮气吹扫3分钟并密封，在37℃条件下进行中温厌氧发酵，第2天成功启动并稳定产气，20天内结束产气，甲烷产率为246mL/gVS。

[0055] 实施例3

[0056] 一种在低接种比条件下的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法，包括以下步骤：

[0057] (1)活化工业废酵母菌菌液的制备

[0058] 配制2％(质量百分数)的葡萄糖培养基，灭菌后，接种2％(质量百分数)的市售工业废酵母，在转速为150rpm，温度为35℃条件下，厌氧活化2h，得到活化工业废酵母菌菌液；

[0059] (2)厌氧接种污泥与餐厨垃圾之间的接种

[0060] 将含固率17％的颗粒污泥与含固率16％的絮状污泥，按质量比2:1混合，得到含固率16.8％的调配污泥，按接种比1.5(以VS计)，与含固率23.5％的湿热除油后餐厨垃圾混合于2L的全混式反应器中，填充量为反应器有效容积的80％，餐厨垃圾的C/N比(碳氮比)<10，然后，添加2％(质量百分数)的步骤(1)制备的活化工业废酵母菌菌液(活化工业废酵母)，1/250的铁和1/250的铁氧化物，粒径范围为10μm，并进行搅拌，使物料充分混匀；

[0061] (3)厌氧处理

[0062] 物料装填完毕，用氮气吹扫10分钟并密封，在37℃条件下，进行中温厌氧发酵，并打开搅拌器，促进反应器内部传质，全混式反应器启动期间无进出料，第2天成功启动并稳定产气，20天内结束产气，甲烷产率为280mL/gVS。

[0063] 实施例4

[0064] 一种在低接种比条件下的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法，包括以下步骤：

[0065] (1)活化工业废酵母菌菌液的制备

[0066] 配制2％(质量百分数)的葡萄糖培养基，灭菌后，接种2％(质量百分数)的市售工业废酵母，在转速为150rpm，温度为35℃条件下，厌氧活化2h，得到活化工业废酵母菌菌液；

[0067] (2)厌氧接种污泥与餐厨垃圾之间的接种

[0068] 将含固率为17％的颗粒污泥与含固率为16％的絮状污泥，按质量比2:1混合，得到含固率为16.8％的调配污泥，按接种比1.5(以VS计)，与含固率为23.5％的湿热除油后餐厨垃圾接种调配污泥，并装入10L的推流式反应器中，填充量为反应器有效容积的60％，然后，分别添加3％(质量百分数)的步骤(1)制备的活化工业废酵母菌菌液(活化工业废酵母)，1/400的铁和1/400的铁氧化物，粒径范围为10μm，并进行搅拌，使物料充分混匀；

[0069] (3)厌氧处理

[0070] 物料装填完毕，用氮气吹扫30分钟并密封，在37℃条件下，进行中温厌氧发酵，并打开搅拌器，促进反应器内物料混合均匀和传质，推流式反应器启动期间不进行进出料，第2天成功启动并稳定产气，20天内结束产气，甲烷产率为270mL/gVS。

[0071] 对比例1

[0072] 一种餐厨垃圾干式厌氧发酵方法，包括以下步骤：

[0073] (1)将含固率为17％的颗粒污泥与含固率为16％的絮状污泥，按质量比2:1混合，得含固率16.63％的调配污泥，按接种污泥与餐厨垃圾接种比1.5(以VS计)与含固率23％的湿热除油后餐厨垃圾混合，并进行搅拌，使物料充分混匀；

[0074] (2)物料装填完毕，用氮气吹扫3分钟并密封，在37℃条件下，进行中温厌氧发酵，干式厌氧发酵反应器因酸化导致启动失败，第4天即停止产气。

[0075] 对比例1的结果，进一步说明本发明的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法具有意想不到的技术效果。

[0076] 本发明的餐厨垃圾干式厌氧发酵快速启动及稳定运行方法，有助于实验室快速开展极易酸化的餐厨垃圾、有机生活垃圾等有机固体废物的干式厌氧发酵机理和相关微生物群落结构及功能变化，也有助于进一步降低极易酸化的餐厨垃圾、有机生活垃圾等有机固体废物的干式厌氧实际工程的启动难度，并且提高反应器的稳定性和甲烷产率。