



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114736932 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 12

(21) 申请号 202210386535.1

(22) 申请日 2022.04.11

(71) 申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72) 发明人 柴晓利 李栋 武博然

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司

31225

专利代理师 褚明伟

(51) Int. Cl.

C12P 5/02 (2006.01)

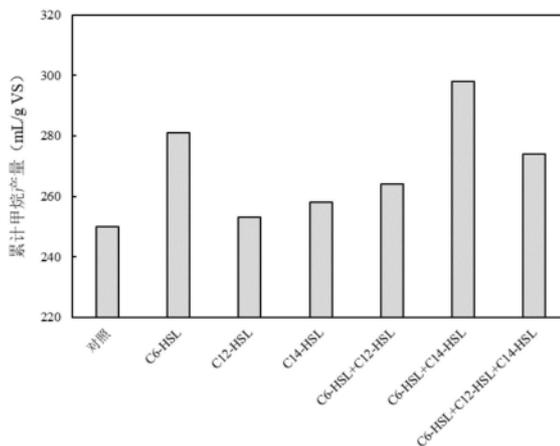
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

## (54) 发明名称

一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法

## (57) 摘要

本发明涉及有机固体废弃物厌氧处理技术领域,尤其是涉及一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,该方法通过在有机固废厌氧消化系统中添加群体感性信号分子:酰基高丝氨酸内酯,调控微生物群体感应信号系统,可以有效促进消化系统内产甲烷菌的生物代谢活性,进而提高大分子有机物质的降解效率和产沼效率,提升有机固废甲烷发酵的经济效益。



1. 一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 将有机固废底物破碎后加入厌氧反应器;

(2) 将步骤(1)的厌氧反应器中接种厌氧污泥,得到有机固废厌氧消化系统;

(3) 将步骤(2)得到的有机固废厌氧消化系统中加入酰基高丝氨酸内酯,厌氧发酵后得到沼气。

2. 根据权利要求1所述的一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,其特征在于,步骤(1)中,所述有机固废底物选自餐饮垃圾或厨余垃圾。

3. 根据权利要求1所述的一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,其特征在于,步骤(2)中,所述厌氧污泥中含有水解发酵细菌、互营产乙酸细菌、同型产乙酸菌和产甲烷菌。

4. 根据权利要求3所述的一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,其特征在于,所述厌氧污泥的接种量与有机固废底物量的挥发性固体质量比为1:1-2:1。

5. 根据权利要求1所述的一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,其特征在于,步骤(2)中,所述有机固废厌氧消化系统中有机固废负荷率为10-15g VS/L。

6. 根据权利要求1所述的一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,其特征在于,步骤(3)中,所述酰基高丝氨酸内酯选自N-己酰基-L-高丝氨酸内酯、N-十二酰基-L-高丝氨酸内酯或N-十四烷酰基-L-高丝氨酸内酯中的一种或几种。

7. 根据权利要求6所述的一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,其特征在于,所述酰基高丝氨酸内酯选自N-己酰基-L-高丝氨酸内酯,或,N-己酰基-L-高丝氨酸内酯与N-十四烷酰基-L-高丝氨酸内酯的混合。

8. 根据权利要求1所述的一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,其特征在于,步骤(3)中,酰基高丝氨酸内酯的加入量为4-6 $\mu$ g/g VS。

9. 根据权利要求1所述的一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,其特征在于,步骤(3)中,发酵前,用氮气吹洗厌氧反应器以形成厌氧环境。

10. 根据权利要求9所述的一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,其特征在于,发酵过程中,发酵温度为36-38 $^{\circ}$ C。

## 一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及有机固体废弃物厌氧处理技术领域,尤其是涉及一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法。

### 背景技术

[0002] 随着人类社会的发展和城市化进程的加快,环境污染和资源、能源危机现象显著。城市有机固体废弃物的产量迅速增加,对生态环境造成巨大威胁。

[0003] 厌氧消化技术可将有机固体废弃物转化成生物能源,具有环境保护和资源回收的双重优点。同时,厌氧消化技术制备的生物沼气可代替部分传统能源,是有机固体废弃物稳定化、资源化、无害化的重要途径,对促进“双碳”目标的实现具有重要意义。

[0004] 有机固废的厌氧消化是一个非常复杂的生物过程,主要包括水解、酸化、产氢产乙酸、产甲烷四个阶段。各类微生物相互依赖、共同协作,形成一个平衡而又稳定的物质代谢系统,推动有机物质到甲烷的顺利转化。在厌氧消化过程中,以乙酸为底物的甲烷合成途径是甲烷生物合成的主要方式,占比60%以上。因此,控制厌氧消化过程中反应条件,使得有机底物更多转化为乙酸,是提高甲烷产生率的重要思路之一。有机固废的甲烷化过程主要由产甲烷菌介导,产甲烷菌属于古菌,其生长代谢速率缓慢,对pH、温度和底物浓度等环境因子的变化较为敏感,因而产甲烷步骤也被认为是甲烷发酵的限速步骤。虽然餐饮垃圾和厨余垃圾等易腐有机固体废弃物的可生化性较高,但在厌氧消化过程中易存在酸积累等问题,减弱餐饮垃圾和厨余垃圾的厌氧处理效能。因此,如何开发一种可以提高产甲烷菌群活性、增加有机固废甲烷发酵效率的高效有机固废厌氧消化技术,成为本领域一个迫切需要解决的技术问题。

### 发明内容

[0005] 为了解决上述问题,本发明的目的是提供一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,该方法通过在有机固废厌氧消化系统中添加群体感性信号分子:酰基高丝氨酸内酯,调控微生物群体感应信号系统,可以有效促进消化系统内产甲烷菌的生物代谢活性,进而提高大分子有机物质的降解效率和产沼效率,提升有机固废甲烷发酵的经济效益。

[0006] 群体感应是一种细胞-细胞间的“通讯系统”,是指细菌在生长过程中通过释放信号分子以调控菌群数量和数量的现象,传递信号的分子被称为自诱导物。随着微生物密度的增加,信号分子的分泌量也同步增加,当细胞外自诱导物浓度达到阈值时,群体感应系统触发并通过激发菌体内相关基因的表达协调菌群生理行为,如生物膜和颗粒污泥的形成、胞外聚合物的产生以及代谢活动的调节。厌氧消化过程涉及多种微生物群落,其中,自养产乙酸菌和产甲烷菌为革兰氏阴性细菌,其使用酰基高丝氨酸内酯(AHLs)作为信号分子以调节代谢活动。N-己酰基-L-高丝氨酸内酯( $C_6$ -HSL)、N-十二酰基-L-高丝氨酸内酯( $C_{12}$ -HSL)、N-十四烷酰基-L-高丝氨酸内酯( $C_{14}$ -HSL)均属于微生物群体感应信号分子AHLs的一种,其

中 $C_6$ -HSL、 $C_{12}$ -HSL、 $C_{14}$ -HSL分别与丙酸营养型产氢产乙酸菌群、氢型产甲烷菌群、乙酸型产甲烷菌群的生长代谢有关。因此,在厌氧消化系统中补充相应AHLs可以刺激细菌和古细菌的生长和代谢活动、强化厌氧消化性能、加速甲烷产率,对有效提高系统厌氧工艺运行效能及稳定性具有积极意义。

[0007] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0008] 本发明提供一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0009] (1) 将有机固废底物破碎后加入厌氧反应器;

[0010] (2) 将步骤(1)的厌氧反应器中接种厌氧污泥,得到有机固废厌氧消化系统;

[0011] (3) 将步骤(2)得到的有机固废厌氧消化系统中加入酰基高丝氨酸内酯,厌氧发酵后得到沼气。

[0012] 在本发明的一个实施方式中,步骤(1)中,所述有机固废底物选自餐饮垃圾或厨余垃圾。

[0013] 在本发明的一个实施方式中,步骤(2)中,所述厌氧污泥中含有水解发酵细菌、互营产乙酸细菌、同型产乙酸菌和产甲烷菌。

[0014] 在本发明的一个实施方式中,所述厌氧污泥的接种量与有机固废底物量的挥发性固体质量比为1:1-2:1。

[0015] 在本发明的一个实施方式中,步骤(2)中,所述有机固废厌氧消化系统中有机固废负荷率为10-15g VS/L。

[0016] 在本发明的一个实施方式中,步骤(3)中,所述酰基高丝氨酸内酯选自N-己酰基-L-高丝氨酸内酯、N-十二酰基-L-高丝氨酸内酯或N-十四酰基-L-高丝氨酸内酯中的一种或几种。

[0017] 在本发明的一个实施方式中,所述酰基高丝氨酸内酯选自N-己酰基-L-高丝氨酸内酯,或,N-己酰基-L-高丝氨酸内酯与N-十四酰基-L-高丝氨酸内酯的混合。

[0018] 在本发明的一个实施方式中,步骤(3)中,酰基高丝氨酸内酯的加入量为4-6 $\mu$ g/g VS。

[0019] 在本发明的一个实施方式中,步骤(3)中,发酵前,用氮气吹洗厌氧反应器以形成厌氧环境。

[0020] 在本发明的一个实施方式中,发酵过程中,发酵温度为36-38 $^{\circ}$ C。

[0021] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0022] (1) 本发明的一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法通过向有机固废厌氧消化系统中添加酰基高丝氨酸内酯,可以调控微生物群体感应信号系统,加快有机固废的厌氧降解速率,提高产甲烷菌的群体代谢活性,进而提高甲烷发酵活性,强化培养体系中产甲烷效能。

[0023] (2) 本发明一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法有助于有机固废厌氧消化系统耐受高含固率的有机固废,增强高含固有机固废甲烷发酵效率并降低有机固体废弃物的处理成本,提升了厌氧处理的经济性和实效性,具有广阔的工业应用前景。

## 附图说明

- [0024] 图1为实施例1中8个厌氧反应器中单位VS(挥发性固体,下述相同)的甲烷产量结果;
- [0025] 图2为实施例2中8个厌氧反应器中单位VS的甲烷产量结果;
- [0026] 图3为实施例3中8个厌氧反应器中单位VS的甲烷产量结果。

## 具体实施方式

[0027] 本发明提供一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0028] (1) 将有机固废底物破碎后加入厌氧反应器;

[0029] (2) 将步骤(1)的厌氧反应器中接种厌氧污泥,得到有机固废厌氧消化系统;

[0030] (3) 将步骤(2)得到的有机固废厌氧消化系统中加入酰基高丝氨酸内酯,厌氧发酵后得到沼气。

[0031] 在本发明的一个实施方式中,步骤(1)中,所述有机固废底物选自餐饮垃圾或厨余垃圾。

[0032] 在本发明的一个实施方式中,步骤(2)中,所述厌氧污泥中含有水解发酵细菌、互营产乙酸细菌、同型产乙酸菌和产甲烷菌。

[0033] 在本发明的一个实施方式中,所述厌氧污泥的接种量与有机固废底物量的挥发性固体质量比为1:1-2:1。

[0034] 在本发明的一个实施方式中,步骤(2)中,所述有机固废厌氧消化系统中有机固废负荷率为10-15g VS/L。

[0035] 在本发明的一个实施方式中,步骤(3)中,所述酰基高丝氨酸内酯选自N-己酰基-L-高丝氨酸内酯、N-十二酰基-L-高丝氨酸内酯或N-十四酰基-L-高丝氨酸内酯中的一种或几种。

[0036] 在本发明的一个实施方式中,所述酰基高丝氨酸内酯选自N-己酰基-L-高丝氨酸内酯,或,N-己酰基-L-高丝氨酸内酯与N-十四酰基-L-高丝氨酸内酯的混合。

[0037] 在本发明的一个实施方式中,步骤(3)中,酰基高丝氨酸内酯的加入量为4-6 $\mu$ g/g VS。

[0038] 在本发明的一个实施方式中,步骤(3)中,发酵前,用氮气吹洗厌氧反应器以形成厌氧环境。

[0039] 在本发明的一个实施方式中,发酵过程中,发酵温度为36-38 $^{\circ}$ C。

[0040] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0041] 下述各实施例中,所用试剂如无特殊说明均为市售,所述检测手段如无特殊说明,均为本领域常规检测手段。

[0042] 实施例1

[0043] 本实施例提供一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法。

[0044] (1) 将餐饮垃圾进行破碎、搅拌、混合均匀;

[0045] (2) 选取8个工作体积为200mL的血清瓶作为厌氧反应器,血清瓶盖设两个导管,分别与集气袋和消化液取样管连接。在厌氧反应器中添加餐饮垃圾、接种厌氧污泥,保证餐饮

垃圾的有机负荷率为10g VS/L、厌氧污泥的接种量与餐饮垃圾的比例为1:1(基于VS)。调节反应器中初始pH为7.5,分别添加6 $\mu$ g/g VS N-己酰基-L-高丝氨酸内酯(C<sub>6</sub>-HSL)、6 $\mu$ g/g VS N-十二酰基-L-高丝氨酸内酯(C<sub>12</sub>-HSL)、6 $\mu$ g/g VS N-十四烷酰基-L-高丝氨酸内酯(C<sub>14</sub>-HSL)、3 $\mu$ g/g VS C<sub>6</sub>-HSL+3 $\mu$ g/g VS C<sub>12</sub>-HSL、3 $\mu$ g/g VS C<sub>6</sub>-HSL+3 $\mu$ g/g VS C<sub>14</sub>-HSL、3 $\mu$ g/g VS C<sub>12</sub>-HSL+3 $\mu$ g/g VS C<sub>14</sub>-HSL、2 $\mu$ g/g VS C<sub>6</sub>-HSL+2 $\mu$ g/g VS C<sub>12</sub>-HSL+2 $\mu$ g/g VS C<sub>14</sub>-HSL、相同体积的去离子水。反应器密封前用氮气吹洗5min以形成厌氧环境,随后将消化瓶置于37℃恒温震荡培养箱中进行厌氧发酵25天,培养箱振荡频率170rpm。实验过程中定时用集气袋收集生物气样品,并采用气相色谱仪测试生物气中甲烷组分比例,同时计算甲烷总产量。实验发现投加C<sub>6</sub>-HSL比对照组提前2天进入产甲烷高峰期,投加C<sub>6</sub>-HSL+C<sub>14</sub>-HSL比对照组提前4天进入产甲烷高峰期。8个厌氧反应器中单位VS的甲烷产量结果如图1所示。

#### [0046] 实施例2

[0047] 本实施例提供一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法。

[0048] (1) 将厨余垃圾进行破碎、搅拌、混合均匀;

[0049] (2) 选取8个工作体积为200mL的血清瓶作为厌氧反应器,血清瓶盖设两个导管,分别与集气袋和消化液取样管连接。在厌氧反应器中添加厨余垃圾、接种厌氧污泥,保证厨余垃圾的有机负荷率为10g VS/L、厌氧污泥的接种量与厨余垃圾的比例为1:1(基于VS)。调节反应器中初始pH为7.5,分别添加6 $\mu$ g/g VS N-己酰基-L-高丝氨酸内酯(C<sub>6</sub>-HSL)、6 $\mu$ g/g VS N-十二酰基-L-高丝氨酸内酯(C<sub>12</sub>-HSL)、6 $\mu$ g/g VS N-十四烷酰基-L-高丝氨酸内酯(C<sub>14</sub>-HSL)、3 $\mu$ g/g VS C<sub>6</sub>-HSL+3 $\mu$ g/g VS C<sub>12</sub>-HSL、3 $\mu$ g/g VS C<sub>6</sub>-HSL+3 $\mu$ g/g VS C<sub>14</sub>-HSL、3 $\mu$ g/g VS C<sub>12</sub>-HSL+3 $\mu$ g/g VS C<sub>14</sub>-HSL、2 $\mu$ g/g VS C<sub>6</sub>-HSL+2 $\mu$ g/g VS C<sub>12</sub>-HSL+2 $\mu$ g/g VS C<sub>14</sub>-HSL、相同体积的去离子水。反应器密封前用氮气吹洗5min以形成厌氧环境,随后将消化瓶置于37℃恒温震荡培养箱中进行厌氧发酵25天,培养箱振荡频率170rpm。实验过程中定时用集气袋收集生物气样品,并采用气相色谱仪测试生物气中甲烷组分比例,同时计算甲烷总产量。实验发现投加C<sub>6</sub>-HSL比对照组提前1天进入产甲烷高峰期,投加C<sub>6</sub>-HSL+C<sub>14</sub>-HSL比对照组提前3天进入产甲烷高峰期。8个厌氧反应器中单位VS的甲烷产量结果如图2所示。

#### [0050] 实施例3

[0051] 本实施例提供一种基于群体感应的强化有机固废厌氧消化产沼性能的方法。

[0052] (1) 将餐饮垃圾、厨余垃圾分别进行破碎、搅拌,并按照1:1(基于VS)混合均匀;

[0053] (2) 选取8个工作体积为200mL的血清瓶作为厌氧反应器,血清瓶盖设两个导管,分别与集气袋和消化液取样管连接。在厌氧反应器中添加混合垃圾、接种厌氧污泥,保证混合垃圾的有机负荷率为10g VS/L、厌氧污泥的接种量与混合垃圾的比例为1:1(基于VS)。调节反应器中初始pH为7.5,分别添加6 $\mu$ g/g VS N-己酰基-L-高丝氨酸内酯(C<sub>6</sub>-HSL)、6 $\mu$ g/g VS N-十二酰基-L-高丝氨酸内酯(C<sub>12</sub>-HSL)、6 $\mu$ g/g VS N-十四烷酰基-L-高丝氨酸内酯(C<sub>14</sub>-HSL)、3 $\mu$ g/g VS C<sub>6</sub>-HSL+3 $\mu$ g/g VS C<sub>12</sub>-HSL、3 $\mu$ g/g VS C<sub>6</sub>-HSL+3 $\mu$ g/g VS C<sub>14</sub>-HSL、3 $\mu$ g/g VS C<sub>12</sub>-HSL+3 $\mu$ g/g VS C<sub>14</sub>-HSL、2 $\mu$ g/g VS C<sub>6</sub>-HSL+2 $\mu$ g/g VS C<sub>12</sub>-HSL+2 $\mu$ g/g VS C<sub>14</sub>-HSL、相同体积的去离子水。反应器密封前用氮气吹洗5min以形成厌氧环境,随后将消化瓶置于37℃恒温震荡培养箱中进行厌氧发酵25天,培养箱振荡频率170rpm。实验过程中定时用集气袋收集生物气样品,并采用气相色谱仪测试生物气中甲烷组分比例,同时计算甲烷总产量。实验发现投加C<sub>6</sub>-HSL比对照组提前2天进入产甲烷高峰期,投加C<sub>6</sub>-HSL+C<sub>14</sub>-HSL比对照组提前

5天进入产甲烷高峰期。8个厌氧反应器中单位VS的甲烷产量结果如图3所示。

[0054] 从结果中可以看出,投加 $C_6$ -HSL和投加 $C_6$ -HSL+ $C_{14}$ -HSL均可有效提升厌氧消化系统的甲烷产量。

[0055] 上述的对实施例的描述是为便于该技术领域的普通技术人员能理解和使用发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对这些实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于上述实施例,本领域技术人员根据本发明的揭示,不脱离本发明范畴所做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

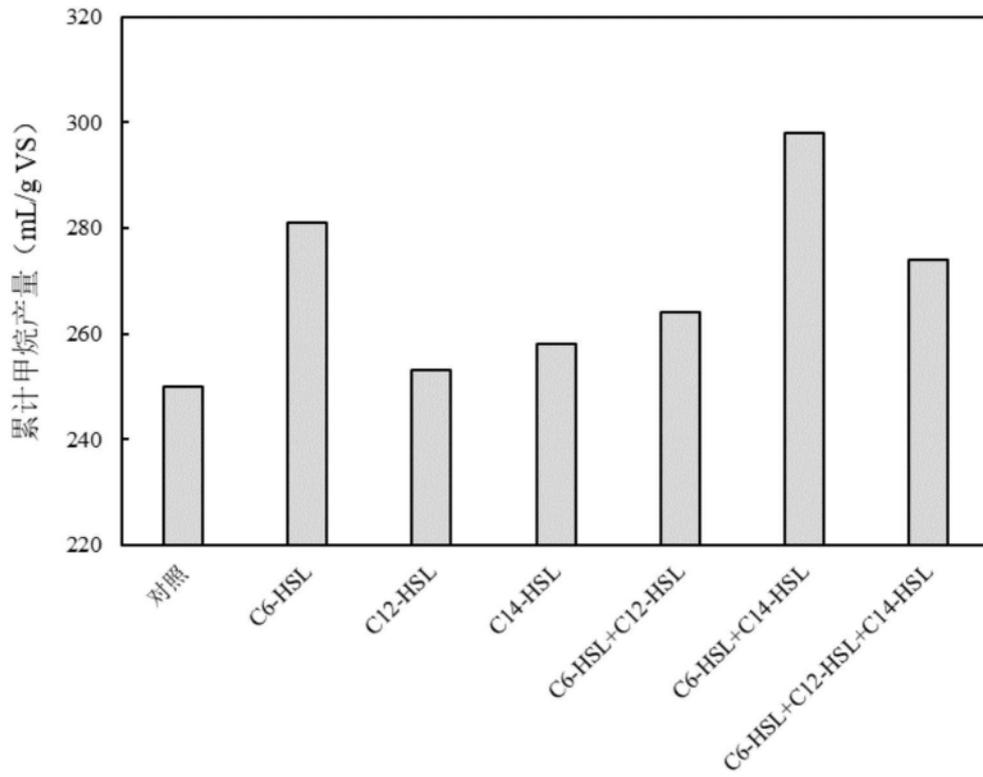


图1

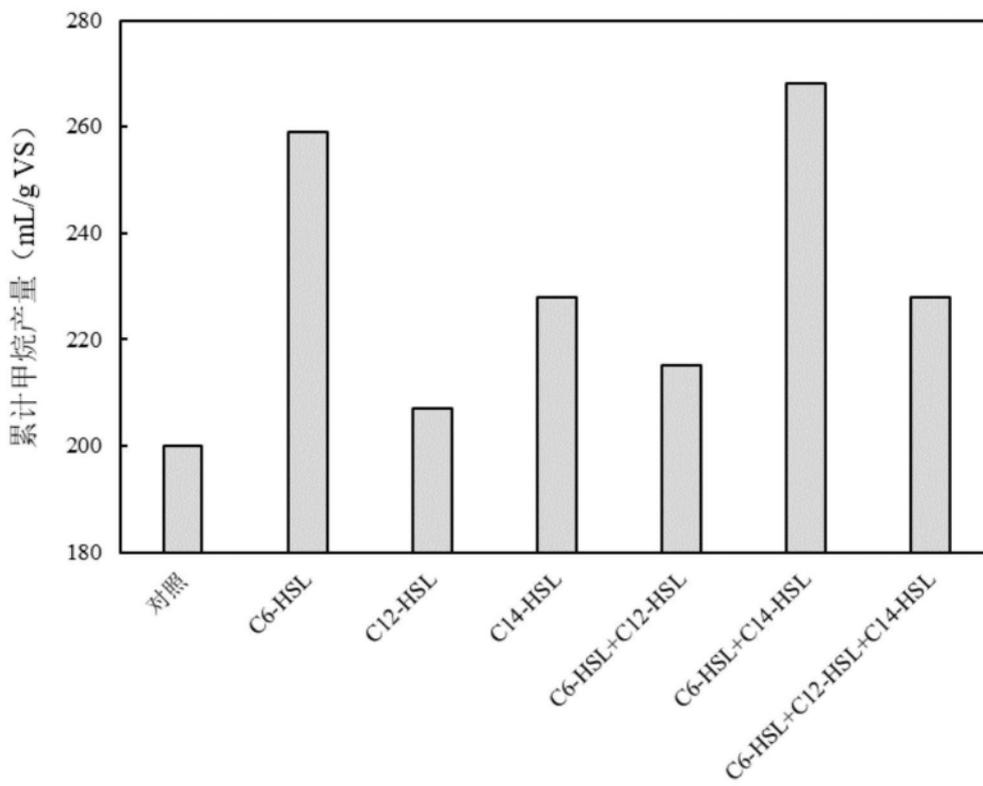


图2

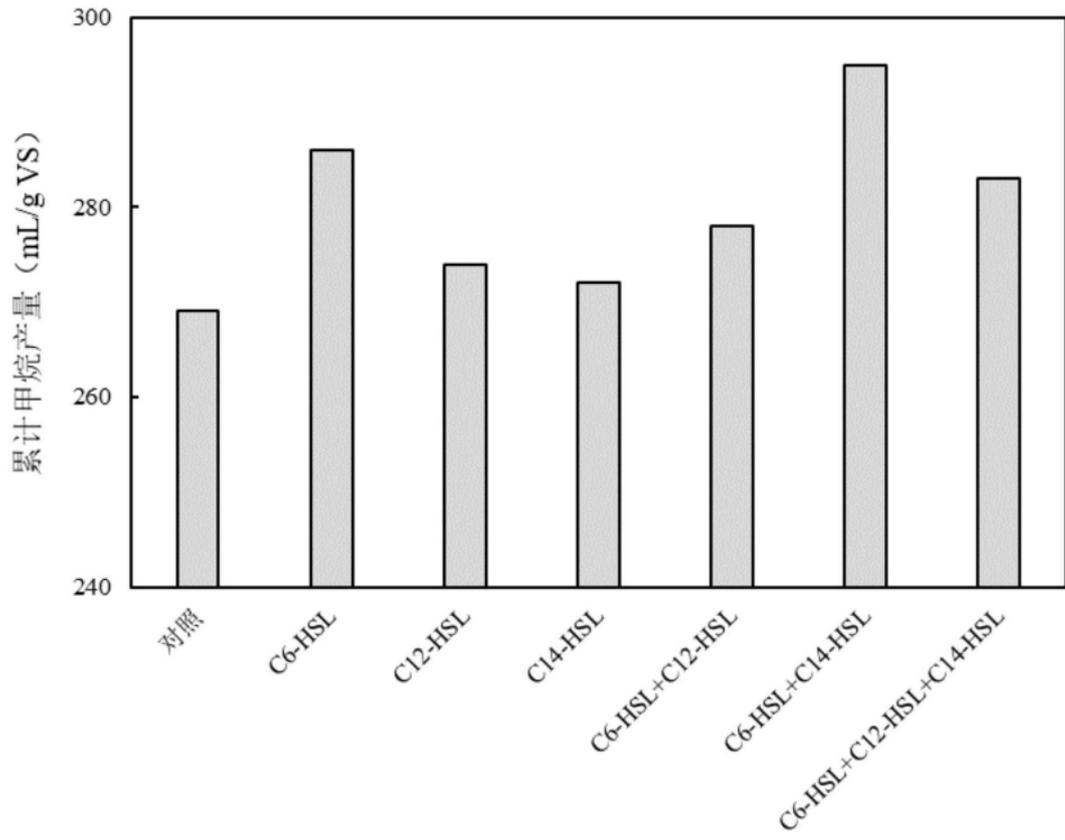


图3