

在可降解城市生活垃圾厌氧消化器中添加玉米棒的效果研究

扎迪·锡德赫什
美国

摘要: 本研究以玉米棒补充可降解城市固体废物(MSW)厌氧消化池的效益。这是一项旨在使MSW厌氧消化器更可靠的努力,通过生产连续和足够的气体,为预期的应用。该研究在实验室中进行,使用富蛋白MSW和富碳水化合物玉米棒在中温消化器中进行,为期10天。MSW和玉米棒共消化可以测定原料组成,从而确定最大产气率的最佳混合比。MSW和玉米棒按3:1、1:1和2:1的比例消化,MSW和玉米棒独立消化为对照。厌氧消化的关键成分碳氮比得到了极大的提高。考虑到原料独立消化的沼气产量和共消化的沼气产量,在MSW中加入部分玉米棒以改善厌氧条件是经济的。人们还注意到,最终产物(沼气)的组成受到MSW的性质和组成的影响。MSW和玉米棒以2:1的比例混合被证明产生最高数量的气体,也是最好的气体组成,因此更好的气体质量。

关键词: 厌氧消化、玉米棒、城市固体废物、甲烷气

Investigation of the Effects of Supplementing a Biodegradable Municipal Solid Waste Anaerobic Digester with Maize Cobs

Zadey Siddhesh
USA

Abstract: The study was carried out to determine the benefits of supplementing a biodegradable Municipal Solid Waste (MSW) anaerobic digester with maize cobs. This was an effort aimed at making MSW anaerobic digesters more reliable by producing continuous and adequate gas for the intended applications. The study was carried out in laboratory using protein rich MSW and carbohydrate rich maize cobs in a mesophilic digester for a period of 10 days. The co-digestion of MSW and maize cobs resulted in determination of feedstock composition and hence determination of the optimum mixing ratio for maximum gas yields. The MSW and maize cobs were digested at the ratio of 3:1, 1:1 and 2:1 while the independent digestion of MSW and maize cobs served as the control. It was also noted that the C: N ratio which is a key component of anaerobic digestion was greatly improved. Considering the biogas yields from the independent digestion of the feedstock and the yield from co-digestion, it was economical to add a fraction of maize cobs to MSW to improve the anaerobic conditions. It was also noted that the composition of the final product (biogas) is affected by the nature and composition of MSW. A mixture of MSW and maize cobs at the ratio of 2:1 proved to yield the highest quantity of gas and also the best composition of gas hence better gas quality.

Key words: Anaerobic digestion, maize cobs, Municipal solid waste, methane gas

简介: 沼气,无氧环境或植物在无氧环境中发酵的有机物在沼泽中自然产生的气体,在含有有机废物的垃圾填埋场中自发产生的气体。它还可以在消化池中人工诱导处理污泥、工业有机废物和农场废物(MataAlvares等,2000年)。沼气主要由甲烷(甲烷)和二氧化碳(二氧化碳)组成,其中含有不同数量的水、硫化氢(硫化氢)、氧气和其他化合物。每年,通过以动物、蔬菜和其他可生物降解废物的形式分解有机物,就会以沼泽气体或沼气的形式产生数百万立方米的甲烷。它几乎与石油公司从地下开采出来的天然气完全相同,并被许多人用来给房屋供暖和做饭。然而,在过去,沼气一直被视为一种危险的副产品,必须尽快被清除,而不

是被用于任何有用的目的。直到最近,少数人才开始以一种完全不同的方式,把沼气视为未来的一种新的能源。

要使厌氧消化(AD)在经济上可行,就需要持续供应均匀的原料,但在某些地区,由于对废物的需求增加和成分的不同,这并不总是可能的。因此,需要补充原料,以避免原料成分平衡和可利用性的波动(Lindorfer等人,2008)。厌氧消化的原料类型和组成会极大地影响工艺的稳定性、性能,并最终影响甲烷产量。富含城市和工业废物,富含脂类和蛋白质,作为原料很有吸引力,因为从这些材料中可以获得高甲烷产量(混合原料更有可能在宏量和微量营养素的浓度方面很好地平衡。然而,据报道,脂质降解产物会影响甲烷生成。

同时, 氨浓度的增加也是由蛋白质的降解影响乙酰分解产甲烷菌形成的(Schnurer和Nordberg, 2008)。

为了使AD过程生产和可可持续, 氮(N)、磷、硫、铁、镍、钴、和钼的浓度必须在适当的范围内(德米雷尔和勒勒, 2008; Hinken等, 2008)。原料中的碳与氮的比值(C:N)是迄今为止最受关注的参数之一, 在稳定的厌氧消化过程中, C:N比值为16-20(ChenG.Y等人., 2010)。这些条件, 以及其他宏观营养素和微量营养素的适当含量, 可以通过适当的原料的共同消化来实现。

除了提高原料的可靠性外, 共消化还可以提供其他好处, 如更好的成本效率、增加生物降解、稀释抑制化合物、改善营养平衡、增加沼气产量和更好和平衡的沼气。研究表明, 当能源作物残留物与粪肥共消化时, 甲烷产量和工艺性能显著提高, 而当作物单独消化时, 甲烷产量较差(Pabeheim等, 2010)。

本研究的目的是探讨可降解城市固体废物和玉米芯共消化的潜在效益。该研究是基于肯尼亚安布县Ruiru分县的一个私人全方位沼气池的运行条件, 设计了适合厌氧消化的废物。实验室沼气池的原料供应的是富含蛋白质和脂质的城市固体废物(MSW), 在实验期间的数量和组成差异很大。确定

了实验所需的能源作物的数量, 并调查了适合在该地区种植能源作物的。主要目的是比较运行期间的甲烷产量, 以及添加玉米棒子的操作。同时, 还研究了原料中营养物质与碳源之间达到良好平衡的可能性。MSW在全规模的植物原料分析中收集, 以及使用连续和批量实验室规模实验的实验数据来评估MSW和玉米棒子共消化的效果。

1 材料和方法

1.1 原料

实验室规模实验的接种物来自Ruiru的一个全规模消化池, 并测定其pH值、部分碱度和总碱度。接种物的其他特性的测量并记录在表1中。

MSW原料由蔬菜废弃物、屠宰场废弃物、食品加工废弃物和家禽废弃物组成, 其组成在整个实验期间有所不同。废物通过筛子过滤, 将液浆与固体分离。两种组分均作为实验的原料。原料的其他特性见表1和表2。玉米穗子采集自肯尼亚农业研究所(KARI)Ruiru的能源作物种植。分离玉米玉米芯进行实验。MSW是从Ruiru的倾倒地获得的。MSW和玉米胚芯样品在减小后保存在实验室中, 然后送入消化器。测定了发酵瓶中称重的基物和播种污泥的量。

表1 实验室实验最终接种料的平均特性

	Inoculum	Municipal Solid Waste	Maize Cobs
C:N Ratio	-	13	37
TS (% of 1 kg of substrate)	30.7	90.3	94
VS (% of TS)	19.33	81	91.7
PH (% of TS)	8.9	8.0	5.0
Nitrogen (% of TS)	2.0	1.51	0.7
Carbohydrates (% of TS)	39	54.33	71.2
Carbon (% of TS)	11	19.9	26.1
Fe (% of TS)	.029	.032	-
Ni (% of TS)	.002	.001	-
P (% of TS)	1.5	1.433	-

表2 产生的沼气的量 (cm³)。

Days	Maize cobs		MSW		MSW and Maize Cobs in the ratio of 3:1		MSW and Maize Cobs in the ratio of 2:1		MSW and Maize Cobs in the ratio of 1:1	
	Daily Biogas Yield	Cumulative Biogas Yield	Daily Biogas Yield	Cumulative Biogas Yield	Daily Biogas Yield	Cumulative Biogas Yield	Daily Biogas Yield	Cumulative Biogas Yield	Daily Biogas Yield	Cumulative Biogas Yield
1	3	3	6.5	6.5	15	15	23	23	13	13
2	1.5	4.5	4.0	10.5	8	23	15	38	6	19
3	1	5.5	4.0	14.5	7	30	12	50	4	23
4	0.5	6.0	3.0	17.5	5	35	9	59	4	27
5	0.1	6.1	3	20.5	5	40	7	66	3	30
6	0	6.1	3	23.5	4	44	7	73	3	33
7	0	6.1	2	25.5	3	47	7	80	3	36
8	0	6.1	2.5	28	3	50	7	87	1	37
9	0	6.1	3	31	4	54	7	94	1	38
10	0	6.1	3	34	4	58	7	101	1	39

1.2 实验装置

1. 消化器 (V = 2L) 容量; 2: 进料口; 3: 液体取样点; 4: 气体闸门; 5: 水置换罐; 6: 气体出口; 7: 测量罐

实验装置包括一个两升容量的烧杯, 作为蒸煮器, 底部有原料取样点, 顶部有气体出口, 进料管道、气体出口和刻度测量罐, 如图3所示。气体出口管安装有一个阀门来关闭和打开气体。产生的气体量是通过流到刻度测量罐中的水量来测量的。五个不同的实验有五套这样的实验装置。

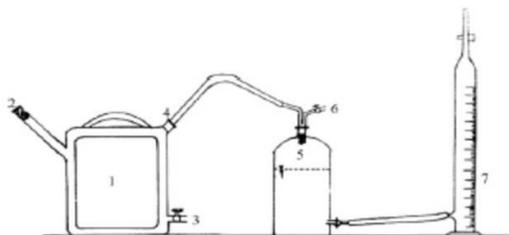


图3 实验装置

1.3 实验的全面监测

实验室消化池是一种在中温下运行的中温植物。每天半连续喂食2次。设计的最大每日添加量为0.2升, 并确定了最大总固体(TS)含量。在喂食前, 将废物按要求的比例混合在一个单独的容器中。监测了物料流入量和原料气量。气体中的甲烷含量和废物中的TS也被连续一周每天监测一次。分析了原料的化学成分, 并利用其值计算了运行条件。

1.4 生化甲烷电位(BMP)试验

在生化甲烷电位(BMP)试验中研究了原料的潜在甲烷产量。将城市固体废物和玉米玉米芯分别消化, 并与MSW (基础原料) 结合消化。所有试验均在室温下重复进行三次。接种物VS与底物VS的比值设为2: 1, 根据表1中的数据计算各原料的相应的湿重。共消化试验研究了MSW和玉米棒子按1: 1、2: 1和3: 1的比例混合物, 以确定最佳成分。当孵育10天后, 所有试验中的甲烷产量均低于平均水平时, 实验终止。

该实验由五个类似于图1中的一个装置的装置组成。产生的沼气是监测和确定的水量置换进入分级罐。这些反应器最初被接种了整个过程中的种子污泥。过滤后的MSW部分被注入反应器, 每天两次 (每天总共0.2升)。这些条件在所有三个反应堆中都维持了10天。

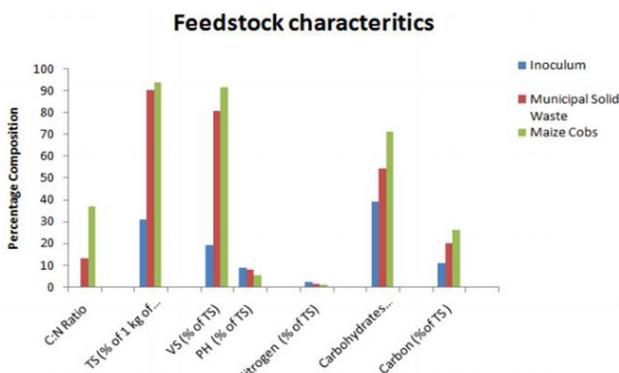


图1 原料性能

1.5 分析方法

测定总固体(TS)、挥发性固体(VS)和pH, 根据标准方法, 即美国公共卫生协会(APHA, 1995年)检测水和废水。在肯尼亚工业研究和发展研究所(KIRDI)用气相色谱法确定了沼气的组成, 并记录了所有的气体成分。对MSW、玉米玉米芯和三种混合比例进行了沼气成分试验。在批量实验中, 使用100ml气密玻璃注射器测量总气体体积。甲烷和沼气产量计算为沼气池中每单位VS产生的甲烷净量。

MSW在农业技术大学化学实验室Juja进行了分析, 以确定粗脂肪和蛋白质含量。所有不是脂肪或蛋白质的VS都被认为是碳水化合物。采用氮氮含量和碳氮比的基本分析方法, 分析了工业废弃物和新鲜作物中宏观和微量营养素的浓度。

1.6 统计分析

采用统计分析Grubb检验来确保批试验重复中没有异常值, 并采用t检验来比较批试验中得到的平均值。t检验也将用于比较共消化实验中记录的和预期的甲烷产量。

2 结果和讨论

2.1 原料属性

试验结果分别列于图3、4、5, 平均结果见图6。

本研究中使用的原料的组成和营养物质含量见表4.1d。MSW脂肪含量高, C: N比为13, 玉米穗中碳水化合物含量高, C: N比为37。据报道, 厌氧消化的最佳C: N比值在16-20之间(Alvarez等, 2010年, Mshandete等, 2004年)。这意味着MSW和玉米玉米芯都不支持合适的C: N进行适当的厌氧消化。与玉米穗相比, MSW的宏量营养素, N、P、Ni和Fe含量也较高。另一方面, 玉米穗轴的必需微量营养素较差, 碳氮比为37。MSW和玉米穗子的pH值分别为8.0和5.0。

MSW和玉米棒子的挥发性固体含量分别为90.3%和94%。这意味着MSW和玉米玉米芯都是厌氧消化的合适原料, 具有可持续沼气生产的潜力。很明显, 由于缺乏厌氧消化所需的微观和宏观营养物质, 玉米芯可能不适合单独消化。另一方面, MSW的C: N比值较差, 由于工艺不平衡, 不适合单独消化。

2.2 沼气产量MSW和玉米玉米芯分别按1: 1、2: 1和3: 1的比例消化, 结果见下图五。

表2为玉米穗、MSW、MSW和玉米穗按3: 1、2: 1和1: 1比例的比例的共消化结果。实验室实验表明, MSW和玉米穗轴的共消化对所产生的总气体有相当大的影响。从表格中可以看出, 玉米玉米芯的沼气产量非常差, 累积值为6.1cm³, 而MSW的累积值为34cm³。这些数字表明, 当玉米玉米芯和MSW单独消化时, 消化器没有得到充分利用。

当MSW与玉米玉米芯以3: 1、3: 2、1: 1的比例共消化时, 沼气产量分别为58cm³、101cm³和39cm³。与其他比例相比, 2: 1的比例在101cm³时产生的效果最好。对该原料的样品进行C: N比值测试, 结果为17, 在记录范围内Of(Murtoa.etal2004, MisiS.N.等人, 2002年)。沼气产量的降

低可能与其有机结构的复杂性有关, 这些有机结构很难分解成更容易被微生物降解的更简单的分子。另一个原因是缺乏足够的宏观和微量营养素来促进降解。另一方面, 低水平的沼气产量是由于原料的总固体含量较差, 氮成分较差。综上所述, 玉米芯消化导致饲料甲烷含量高, 因为玉米芯干物质含量高, 而MSW降解性好, 有机质甲烷产量较高。MSW的宏观和微量营养素促进的良好和快速的生物降解。

2.3 沼气分析

沼气的分析采用气相层析和导热探测器进行。每个实验设置重复测量三次。

图2为本实验作为对照的玉米胚芯消化的平均结果。结果表明, 该过程产生的气体组成平均为48%, 甲烷(甲烷), 二氧化碳(二氧化碳)平均为34.8%, 而沼气中存在的其他气体, 包括氢、氮和硫化氢占17.2%。这表明气体的质量受到其他气体的更大比例和最终产品中较高的二氧化碳的影响。

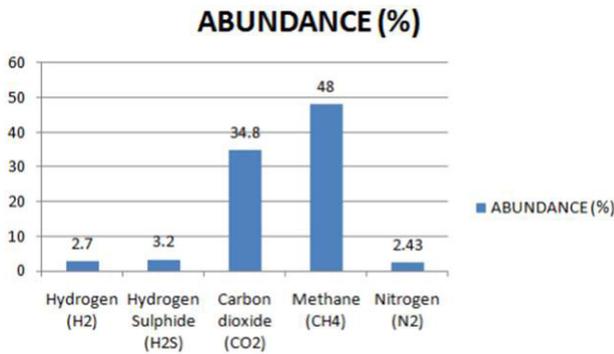


图2 玉米作物中沼气的平均组成

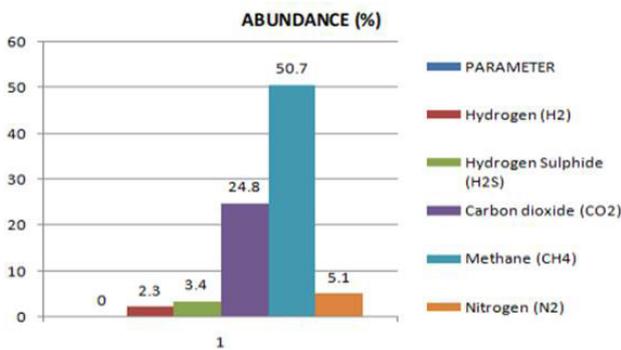


图3 MSW中沼气的平均组成

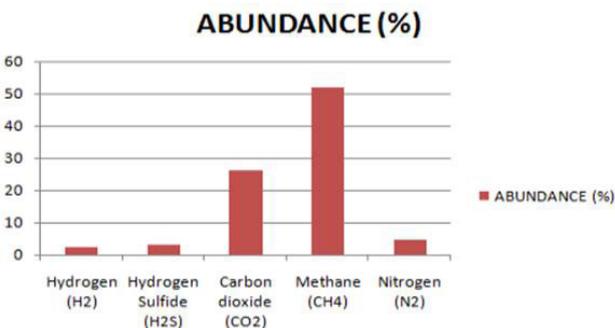


图4 MSW和玉米作物的沼气平均组成, 比例为3: 1

ABUNDANCE (%)

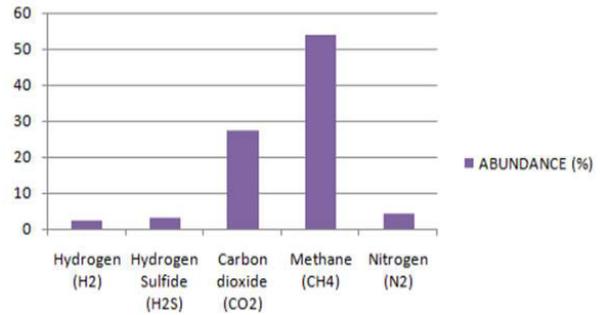


图5 MSW和玉米作物的沼气平均组成, 比例为1: 1

ABUNDANCE (%)

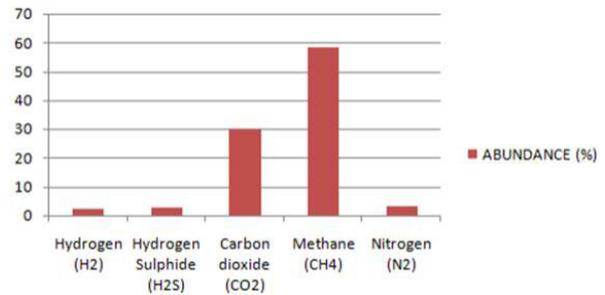


图6 MSW和玉米作物的沼气平均组成, 比例为2: 1

MSW、玉米和混合物在不同比例下的沼气生产结果表明, 玉米和MSW本身都不能单独产生高质量的沼气。优质沼气应包括甲烷(甲烷)在55%-65%的范围内, 而二氧化碳(二氧化碳)应在35%-25%的范围内(Cavinato等人, 2010年)。从表4.1b中可以看出, 玉米玉米芯的沼气成分为48%甲烷和34.8%二氧化碳, 17.2%为其他杂质。这些百分比低于或高于优质沼气的理论值, 即二氧化碳的35-45%和ch4的55-65%。(Cirne, d.g.等人, 2007年, 戴维森另一方面, MSW的消化产生了由50.7%甲烷和24.8%二氧化碳组成的沼气, 这也没有达到最低理论标准。对MSW和玉米穗按3: 1、1: 1和2: 1的比例共消化, 发现2: 1的比例比其他所有比例和玉米穗和MSW的独立消化更好。这种原料组合有58%的甲烷和30%的二氧化碳, 完全在可接受的范围内(Murto等, S2010, AmonT等, 2008)。可以看出, 原料的组成对最终产品(沼气)的质量有显著的影响。

3 结论

本研究发现, 厌氧消化原料在定性和定量组成上差异较大。为了获得更好的结果, 在选择要进行厌氧消化的原料时, 考虑总固体、挥发性固体和C: N比值是很重要的。挥发性脂肪酸、硫化氢(硫化氢)、氨和其他抑制成分等产品必须仔细控制, 以获得优异的效果。本研究发现, 玉米穗和MSW均有足够的TS和VS, C: N比值变化较大, 玉米穗为37, MSW为13, 其范围应在16~20之间, 以获得更好的结果。

在测定BMP时, 我们注意到单独消化的玉米芯在最初几天产生大量的沼气, 在随后几天由于抑制反应的木质素显著下降, 而MSW受到较差的C: N比值的影响。MSW和玉

米玉米芯以2:1的比例共消化, 沼气产量显著提高, C:N 比值降低, 甚至最终产品的甲烷和二氧化碳组成, 使工艺可靠、经济。

References

[1]Alvarez, J.A., Otero, L.,Lema, J.M., (2010). A methodology for optimizing feed composition for anaerobic co-digestion of agro-industrial wastes. Tennessee university press, USA.

[2]Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V. Zollitsch, W., Mayer, K., Gruber, L., (2007).Biogas production from maize and dairy cattle manure - influence of biomass composition on the specific methane yield. Ecosystem and Environment.118, pp 173-182.

[3]Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Machmuller, A., K., Bodiroza, V., Hrbek, R., Friedel, J., Potsch, E., Wagentristl, H., Schreiner, M., Zollitsch, W.,(2007). Methane production through anaerobic digestion of various energy crops grown in sustainable crop rotations. Bio-resource Technology. 98, pp 3204-3212.

[4]Cavinato, C., Fatone, F., Bolzonella, D., Pavan, P., (2010). Thermophilic anaerobic co- digestion of cattle manure with agro-wastes and energy crops: comparison of pilot and full scale experiences. Hamilton, New Zealand.

[5]Chen, G.Y., Zheng, Z., Yang, S.G., Fang, C.X., Zou, X.X., Luo, Y., (2010). Experimental co- digestion of corn stalk and vermicompost to improve biogas production. Osaka University press, Japan

[6]Cirne, D.G., Paloumeta, X., Bjornsson, L., Alves, M.M., Mattiasson, B., (2007). Anaerobic digestion of lipidrich waste-effects of lipid concentration. Renewable Energy.32, pp 965-975.

[7]Davidson, A. (2007).Increase of Biogas Production at Wastewater Treatment Plant-Addition of Urban Organic Waste and Pre-Treatment of Sludge. PhD Thesis, Lund University.

[8]Demirel, B., Scherer, P., (2008). Production of methane

from sugar beet silage without manure addition by a single-stage anaerobic digestion process. Biomass Bioenergy. 32,pp 434-396

[9]Hinken, L., Urban, I., Haun, E., Urban, I., Weichgrebe, D., Rosenwinkel, K.H., (2008). Then Valuation of malnutrition in the mono-digestion of maize silage by anaerobic batch tests. Renewable Energy 18 pp 455-466.

[10]Krueger, E., Nges, I.A., Bjornsson, L., (2011). Ensiling of crops for biogas production-effects on methane yield and total solid determination. Venice, Italy, pp 85-94.

[11]Lindorfer, H., Lopez, C.P., Resch, C., Braun, R., Kirchmayr, R., (2008). The impact of increasing energy crop addition on process performance and residual methane potential in anaerobic digestion. Water Technology.56 (10), pp 55-63.

[12]Mata-Alvarez, J., Mace, S., Labres, P., (2000). Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives.Bio-resource Technology.74, pp 3-16.

[13]Misi, S.N., Forster, C.F.,(2002). Semi-continuous anaerobic co-digestion of agro wastes. Environment and Technology.23, pp 445-451.

[14]Murto A., Kivaisi, A., Mattiasson, B., (2004). Anaerobic co-digestion of sisal pulp and fish wastes. Lagos, Nigeria

[15]Pabeheim W., Bjornsson, L., Mattiasson, B., (2010). Impact of food industrial waste on anaerobic codigestion of sewage sludge and pig manure. Environment and Management.70, pp 101-107.

[16]Murto, Tatamiuk, W., M., Zvauya, R., Mattiasson, B., (2007). Anaerobic batch digestion of solid potato waste alone and in combination with sugar beet leaves.Renewable.Energy.29, pp1811-1823.

[17]Schuler, A., Nordberg A.,(2008) Ammonia a selective agent for methane syntrophic acetate oxidation at mesophilic temperature. water science technology. 57pp 735-740.

