

# 温度对产甲烷菌群发酵性能的影响

裴占江,王大慰,张楠,王伟,刘杰  
(黑龙江省农业科学院农村能源研究所,黑龙江哈尔滨 150086)

**摘要:** 对厌氧发酵过程中不同温度条件下产甲烷微生物菌群的发酵性能进行研究结果表明: 在 10~35℃区间, 甲烷菌的产气能力随着温度的升高而增强, 甲烷含量也随之增高。10~20℃区间因不适合产甲烷菌的生长而影响产气量, 25~30℃区间适合产甲烷菌群的生长, 为产气量较为理想。通过对产甲烷菌群活性影响因子的 pH 研究表明: 沼气发酵菌群适宜生长的 pH 为 6.8~7.5。  
**关键词:** 甲烷菌; 温度; pH; 发酵性能  
**中图分类号:** S154.3      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1002-2767(2009)05-0128-02

## Effect of Temperature on the Efficiency of Methanogenic Bacteria

PEI Zhan-jiang WANG Da-wei, ZHANG Nan, WANG Wei, LIU Jie  
(Rural Energy Sources Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

**Abstract:** In this paper, the effects on the biogas production of methanogenic flora in different temperatures during fermentation process were studied. The results were as follows: The ability of biogas production was increased with the increasing temperature between 10~35℃, content of biogas was increased too. The temperatures between 10~20℃ were not only unfitted for the methanogen growing, but for the biogas production. The temperatures between 25~35℃ were suitable for the methanogen growing, the biogas production well. And the pH of biogas fermentation broth was also determined, the flora appropriated pH value of methanogen microbes was between 6.8~7.5.  
**Key words:** methanogenic bacteria; temperature; pH

沼气发酵是指在没有硝酸盐、硫酸盐、氧气和光线的条件下, 经微生物分解作用, 使复杂的有机物中的碳素化合物彻底氧化分解成 CO<sub>2</sub>, 一部分碳素彻底还原成甲烷的过程。沼气发酵过程是一个由多种微生物联合、交替作用的复杂生化过程, 而这些过程又受到温度的影响, 了解其发酵过程中各种微生物随温度的变化规律, 对于有效控制发酵过程, 了解发酵进行的阶段, 优化发酵条件, 提高产气效率, 具有极其重要的作用。

### 1 材料与方法

#### 1.1 菌种

混合菌: 由黑龙江省农业科学院农村能源研究所从沼气发酵罐中提取沼液自行分离得到。

#### 1.2 培养基

1 L 培养基中的基本成分包括: MgCl<sub>2</sub> 0.1 g, NaCl 3.0 g, NH<sub>4</sub>Cl 1.0 g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.4 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.4 g, 半胱氨酸 0.5 g, 酵母膏 5 g。无机盐溶液 25 mL, 维生素液 10 mL。微量元素液 10 mL, 0.2% 刃天青 0.2 mL, pH 7.0。

1 L 无机盐溶液包括: K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 12 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 12 g, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 12 g, NaCl 12 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 12 g, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 12 g。

1 L 维生素液中包含: 钴氨素 0.010 g, 抗坏血酸 0.025 g, 核黄素 0.025 g, 柠檬酸 0.020 g, 吡多醛 0.050 g, 叶酸 0.010 g。对氨基苯甲酸 0.010 g, 肌酸 0.025 g。

1 L 微量元素液中包含: MnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.01 g, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.05 g, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 0.01 g, N(CH<sub>2</sub>COOH)<sub>3</sub> 1.00 g, CaCl<sub>2</sub> 0.01 g, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 0.01 g, CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 0.20 g, AlK(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0.01 g, CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 0.1 g, NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 0.02 g, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.1 g。

#### 1.3 试验方法

1.3.1 试验装置 试验装置为实验室自行设计的小

收稿日期: 2009-05-04  
基金项目: 哈尔滨市科技创新人才研究专项资金项目(RC2009QN008006); 黑龙江省农业科学院创新工程资助项目  
第一作者简介: 裴占江(1980-), 男, 黑龙江省人, 硕士, 研究实习员, 从事可再生能源研究。E-mail: neaupzj@163.com。  
通讯作者: 刘杰, E-mail: lujie1677@126.com。

型厌氧发酵装置, 主要由发酵瓶与集气装置组成。

1.3.2 培养方法 向 250 mL 血清瓶中注入 100 mL 培养基, 充氮脱氧后灭菌备用; 取出菌种, 同时将菌种打碎; 用无菌注射器取打碎后的发酵菌种。按体积比为 1 : 4 的比例接种到装有液体培养基的血清瓶中; 将接种完成的血清瓶置于不同温度下富集培养。每个处理设 3 次重复。

1.4 分析方法

气相组分由气相色谱仪(GC-7890A, 美国安捷伦科技有限公司生产)测定, 使用热导检测器(TCD); 气化温度 100℃, 柱温 50℃, 检测器温度 250℃; 高纯氮气、氢气为载气, 流量为 30 mL·min<sup>-1</sup>。通过外标法定量分析气体中各组分的含量。所产生的气体用排水法收集和计量。

2 结果与分析

2.1 沼气发酵过程中日产气量和产气总量的变化

本次试验的发酵周期为 26 d, 图 1、2 中表明, 在 10~35℃区间, 沼气发酵菌群产气能力随温度升高而增高。在试验结束时, 10℃的最大日产气量为 4 mL, 总产气量为 127.5 mL; 15℃的最大日产气量为 4.5 mL, 整个发酵周期总产气量为 210 mL; 30、35℃试验组无论在日产气量还是总产气量都明显高于其他四组, 最大日产气量可达到 27 mL, 总产气量可达到 800 mL, 25℃、20℃试验组居中, 15、10℃试验组最低。这是因为这两组的试验温度太低, 不适于沼气发酵菌群的生长, 从而影响了两者的产气情况。

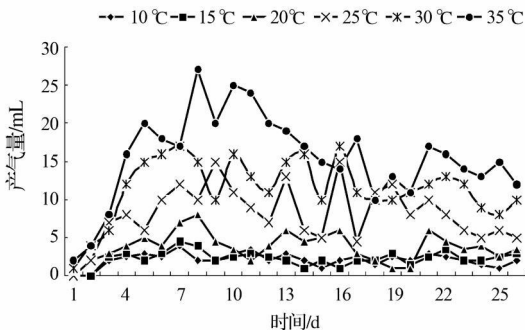


图 1 不同温度条件下产气动态变化

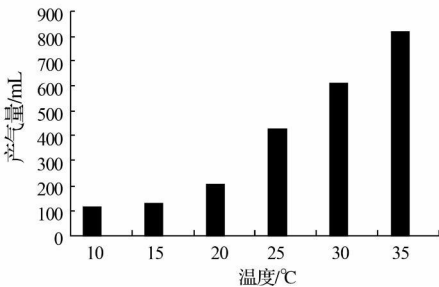


图 2 温度对沼气菌群产气总量的影响

2.2 不同发酵温度对沼气发酵过程中甲烷含量的影响

从图 3 可以得出, 发酵温度不同甲烷的含量也不一样, 温度越高甲烷的含量也越高, 本实验 35℃时甲烷含量最高可以达到 70%以上, 10、15℃最低只有 30%左右。另外在 25、30、35℃下随着发酵时间的延长甲烷的含量不断增加, 从最初的 30%增长到后来的 70%左右。而 10、15℃甲烷含量基本没有什么变化, 只有 30%左右。

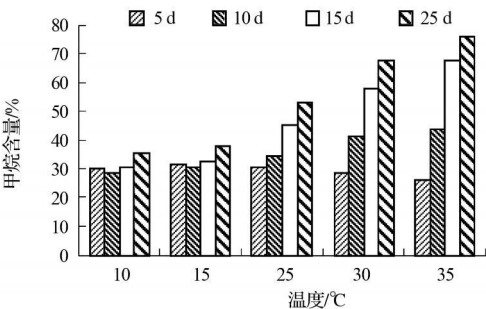


图 3 沼气发酵过程中甲烷含量的变化

2.3 不同发酵温度条件下厌氧发酵液 pH 的变化

由图 4 可知, pH 在发酵初期略有降低; 随后 pH 又呈缓慢上升趋势。在发酵初期, 产甲烷菌的活性较低; 而此时, 菌群中的产酸菌就略占优势, 生长相对较旺, 所以在发酵初期 pH 会略有下降。而随后, 由于产氨细菌的大量活动, 蛋白质分解和脱氨作用的强烈进行, 为甲烷菌提供了丰富的氮素营养, 故使发酵液的 pH 又开始上升。25、30、35℃发酵液的 pH 高于 15、10℃, 这与其中产甲烷菌群较活跃有关, 产气量也较多。到发酵结束时, 15、10℃的发酵液的 pH 始终没有太大的变化, 这有可能是因为温度太低, 不适于沼气微生物的生长, 因此其 pH 不会有太大的变化。

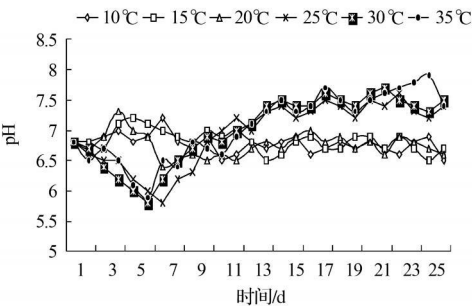


图 4 厌氧发酵液 pH 随发酵时间的变化

3 结论

在 10~35℃区间, 产甲烷菌的产气能力随着温度的升高而增强。温度在 20℃以下时不适宜产甲烷菌的生长。

随着温度的增高, 甲烷含量也随之增高。35℃时  
(下转第 140 页)

学和开展合作研究,使全院科技队伍的整体素质适应了建设全国一流农科院的需要。积极与国外农业科研单位和院校建立友好合作关系,先后与英国皇家农业大学、美国密执安州立大学、日本专修大学北海道短期大学、巴西农业部等建立了友好合作关系,在生物技术、大豆疫霉病、马铃薯晚疫病、白浆土改造等方面进行了广泛深入的合作,促进国外最新研究成果与我院科技工作有效结合<sup>[3]</sup>。并与英国皇家农业大学、中国生物工程学会、黑龙江省外国专家局、香港文汇报共同主办了“2006 中国黑龙江国际农业生物技术峰会”。

1.3 积极主动,有计划地开展国际学术交流活动

在黑龙江省农业科学院历史上首创以英语为母语的发展中国家学员培训的先河。历经三年申报由中国科技部国际合作司主办,黑龙江省科技厅、黑龙江省农业科学院、农业部脱毒马铃薯种薯质量监督检验测试中心(哈尔滨)共同承办,黑龙江省对外科技交流中心协办的“2008 马铃薯病害检测技术国际培训班”于2008年9月14~27日在黑龙江省农业科学院圆满完成。来自南非、罗马尼亚、捷克、蒙古、朝鲜、印度尼西亚、巴基斯坦等国家的17名学员参加了此次为期14 d的培训班。《科技日报》《黑龙江日报》等多家媒体对本次培训班的召开进行了跟踪报道和宣传。本次培训班通过专家授课、实验示范操作、现场参观和课堂讨论等方式,围绕马铃薯病害检测技术这一主题,使学员系统地掌握了马铃薯病毒、类病毒、细菌、品种纯度等各项检测技术。通过培训班这一窗口,展示了我国在马铃薯病害检测技术方面取得的丰硕成果,扩大了我国在发展中国家的影响力。

2 几点建议

目前黑龙江省农业科学院已形成全方位、多层次、宽领域的对外开放格局,该院的发展为外事工作提供了广阔的舞台,也提出了更高的要求。针对本院外事工作中尚存的一些不足,如报送出国材料不及时、对国际合作项目重视不足等。为适应新的形势和任务的要求,推动外事工作不断上水平,提出以下建议:

2.1 深入实施“项目年”活动,推动外事工作不断创新  
创新是外事工作的活力和生命线,也是外事工作取得新突破的必然选择和根本途径。充分认识到“项目年”的重要意义,要尽一切努力,做大量、细致、充分的工作来争取项目<sup>[4]</sup>。

在保持原有项目渠道的基础上,全面增强创新意识,形成工作新思路、找到工作新方法、建立工作新机制、树立服务新形象、实现工作新突破、开拓新的项目渠道。

2.2 进一步提高对外事工作重要性的认识

外事工作是黑龙江省农业科学院工作的重要组成部分,外事工作直接关系到对外开放和国际影响力的提升。要认真研究新形势下外事工作与全院中心工作紧密结合的新路子、新方法,解放思想,开拓思路,求真务实,与时俱进,不断开创黑龙江省农业科学院外事工作的新局面。

2.3 进一步加大外事工作管理与服务力度

要进一步强化外事工作的统一归口管理,不断完善各项规章制度和工作规范,保证外事工作的统一性、严肃性,维护国家和黑龙江省农业科学院的整体利益和形象。要进一步加强因公出国管理,优化出国团组人员结构,提高因公出国的实效性。规范因公出国办理程序,努力提供更加快捷、方便、优质的服务。

2.4 进一步拓展多领域的对外交往活动

要进一步巩固和发展合作交流关系,按照提高与开拓并举的要求,实行优势互补、合理布局,积极推进全方位、多领域、可持续地交流与合作,推动交流关系的深入发展。

参考文献:

[ 1 ] 何宁.积极引进国外智力加速我院农业高新技术研究开发[ J ].黑龙江农业科学,2000(5):49-50.

[ 2 ] 王守民,程爱华,王绛辉.山东省农业科学院对外合作的回顾和发展思路[ J ].山东农业科学,2001(6):47-48.

[ 3 ] 魏东,赵立新.增强引进外事工作力度,全面推进我院科研工作上新台阶[ J ].农村科技,1999(6):23-24.

[ 4 ] 牛淑云.农业外经外事工作思路[ J ].甘肃农业,2005(10):76

(上接第129页)

甲烷含量最高可以达到70%以上,10、15℃最低只有30%左右。

沼气发酵菌群适宜生长的pH为6.8~7.5,这与大多数的产甲烷菌最适pH相一致。

参考文献:

[ 1 ] 陈宇.厌氧发酵法生物制氢菌种的选育及发酵工艺的初步研究

[ D ].天津:天津大学硕士学位论文,2005.

[ 2 ] 林明,任南琪,马汐平,等.产氢发酵细菌培养基的选择和改进[ J ].哈尔滨工业大学学报,2003,35(4):398-402.

[ 3 ] 刘英,胡启春,宋平,等.中国沼气技术与开发进展情况综述[ Q ] //王锡吾.农村沼气发展与农村小康建设研讨会.宜昌:中国沼气协会,2003.

[ 4 ] 马溪平.厌氧微生物学与污水处理[ M ].北京:化学工业出版社,2005:3-5.