

用亚硫酸钠法测定摇瓶氧传递速度*

徐定邦 李文通

(上海新型发酵厂)

本文报道用 Cooper 等提出的亚硫酸钠法测定摇瓶氧传递速度的实验结果。并研究了各种因子的影响。

材料和方法

(一) 试剂

Na_2SO_3 (工业纯); 0.2 M CuSO_4 ; 0.1 M I_2 ; 0.1 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; 0.1% 可溶性淀粉; $1:3$ 稀硫酸 (体积/体积)

(二) 设备

1. 摇瓶: 各种容量的三角瓶。
2. 摇管: 180×25 毫米大试管。
3. 摇床: 往复式摇床, 冲程 7 厘米, 往复振动次数 114 次/分; 旋转式摇床, 偏心距 5 厘米, 转速 220 转/分、240 转/分、300 转/分。

(三) 测定方法

将 Cooper^[1] 的方法作了一些改动。测定前将固体 Na_2SO_3 溶于待测溶液, 使其浓度为 0.5 M , 再加入 0.15% 硫酸使 pH 为 $6.5-7.0$ 。将此溶液一部分注满小试管密闭, 一部分按一定量放入摇瓶, 加入 CuSO_4 使其浓度为 $2 \times 10^{-4}\text{ M}$ 。并启动摇床开始计时。适当时间后取摇瓶内液体 2 毫升, 立刻放入含 25 毫升碘液的碘量瓶。用 0.1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定, 近终点时加入淀粉指示剂, 继续滴定至蓝色消失即到终点。

(四) 计算公式

氧传递速度 $N = (V_1 - V_2) \cdot M \cdot 1000 /$

$4.2 \cdot t$ (毫克分子氧/升/分)。

其中 t 为反应时间 (分), V_1 、 V_2 为测定样品和小试管内样品耗用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 毫升数, M 为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 浓度。

结果和讨论

(一) 不同通气条件下反应时间与 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 耗用量之间的关系

根据 Murphy^[2] 的方法, 选用 Na_2SO_3 初浓度为 0.5 M , 在一定范围内反应时间与 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的耗用量呈直线关系, 结果见图 1。

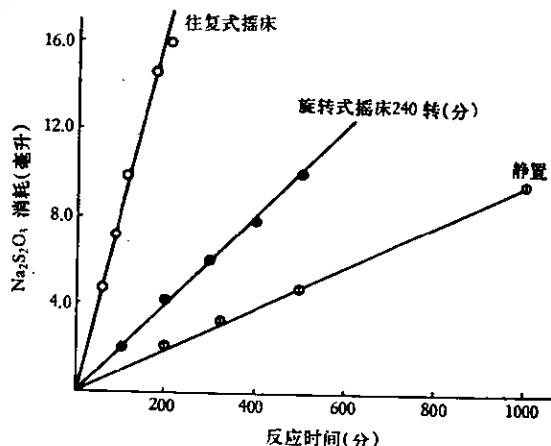


图 1 不同通气条件下反应时间与 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 耗用量之间的关系

结果表明, 500 毫升摇瓶装液体 100 毫升

* 本工作在上海工业微生物研究所完成。并承复旦大学孙崇荣、梁立仙、郭杰炎等同志帮助。

在往复式摇床的氧传递速度为1毫克分子氧/升/分,是同样条件下旋转摇床氧传递速度的四倍左右,是静止时的氧传递速度的八倍左右。

(二) 气相氧分压对氧传递速度的影响

将实际容量570毫升的摇瓶,装液体100毫升,内含4.2毫克分子氧,加盖密闭此摇瓶,于不同时间取样测定,结果见图2。 ΔV 为对照的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 消耗数。结果说明在反应平衡时, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 耗用量为3.2毫升,与理论计算值接近。

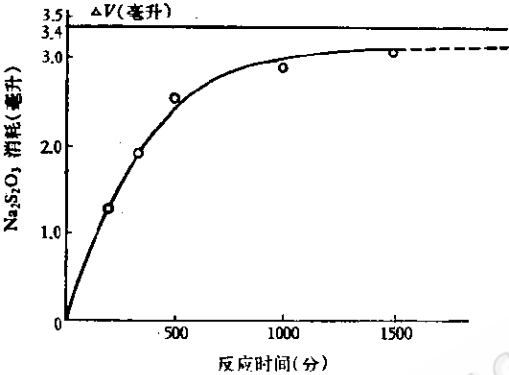


图2 气相氧分压对氧传递速度的影响

(三) 不同体积的摇瓶,不同装液量的摇管和不同液层厚度静置溶液的氧传递速度
结果如表1、2和图3所示。

表1 不同体积摇瓶的氧传递速度(往复式摇床)

摇瓶容量(毫升)	装液量(毫升)	氧传递速度(毫克分子氧/升/分)
5000	1000	0.60
2000	400	0.50
1000	200	0.88
500	100	0.99
250	50	0.50
150	30	0.46
100	20	0.43

表2 不同装量的摇管氧传递速度(摇管与水平成35度角)

装液量(毫升)	氧传递速度(毫克分子氧/升/分)
2.5	1.23
5.0	1.35
10.0	0.76
15.0	0.56

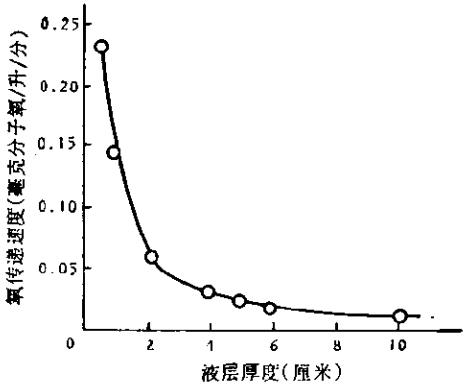


图3 静置时不同的液层厚度与氧传递速度的关系

由表1可知在500毫升和1000毫升摇瓶中装液量为100和200毫升时的氧传递速度最高。由表2可知在摇管中也可达到较高的氧传递速度。而从图3可看出在静置时不同的液层厚度的氧传递速度,随液层厚度的增加而迅速降低。

(四) 不同摇床及旋转式摇床的不同转速和氧传递速度的关系

实验结果见图4和图5,结果表明和朱守一^[3], Auro^[4], Freedman^[5]的报道接近。

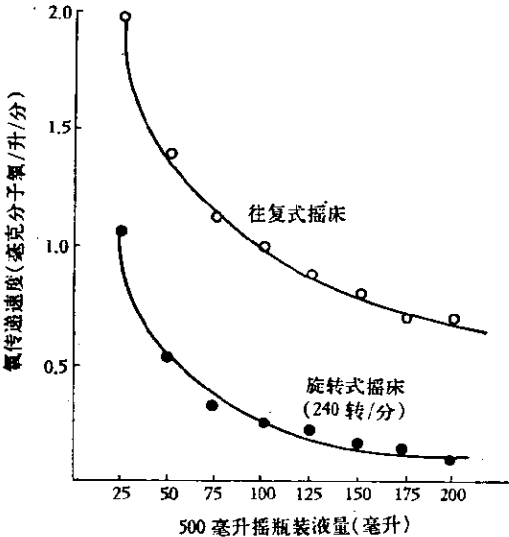


图4 不同摇床和氧传递速度的关系

(五) 溶液中存在不同溶质对亚硫酸钠法测定氧传递速度的影响

将15毫升的0.5 M Na_2SO_3 溶液分别与5毫升水及下述每种溶液迅速混合并密闭放

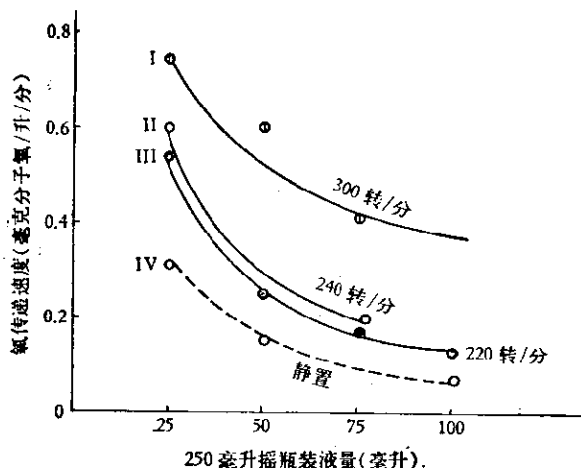


图5 摇床的不同转速和氧传递速度的关系

置: 10% 葡萄糖、乳糖、蔗糖、5% 甲醇、乙酸、甘薯粉、豆饼粉、柠檬酸、谷氨酸、1% 蛋白胨、酵母膏、尿素、氯化铵、硝酸铵、硫酸铵、磷酸氢二铵、硫酸亚铁、硫酸镁、硫酸铜、二氯化钙。过数小时后分别取 2 毫升溶液按碘量法测定其氧传递速度。结果表明: 葡萄糖、乳糖、硫酸铜等三种溶液干扰氧传递速度的测定, 但可用对照

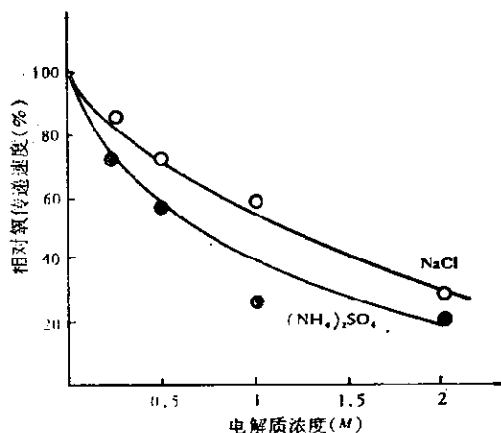


图7 电解质溶液的氧传递速度

结果见图7。

(八) 蛋白胨等有机物溶液对氧传递速度的影响

蛋白胨、玉米浆、牛肉膏和酵母膏溶液的氧传递速度见表3。Clavin^[6]等曾用氮气排除水中的氧气, 然后测定溶解氧加速度的方法, 测定蛋白胨对氧传递速度的影响, 并得到类似的结果。

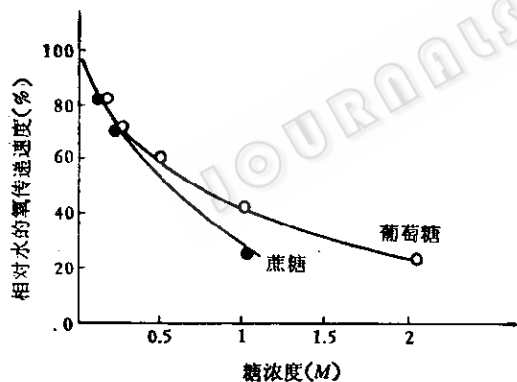


图6 糖溶液的氧传递速度

校准。其他各种溶液不干扰亚硫酸钠法测定氧传递速度。

(六) 糖溶液的氧传递速度

不同浓度蔗糖和葡萄糖的溶液, 其氧传递速度结果见图6。结果表明, 1M 蔗糖溶液的氧传递速度为水的四分之一左右, 与 Murphy^[2] 的报道相同。试验对照的测定采用 500 毫升摇瓶装液体 100 毫升。

(七) 硫酸铵和氯化钠溶液的氧传递速度

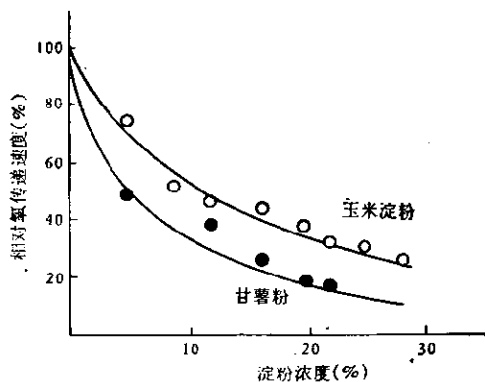


图8 淀粉溶液的氧传递速度

表3 蛋白胨等溶液对氧传递速度的影响

溶液浓度 (%)	0.05	0.2	0.5	1	2
相对氧传递速度 (%)					
溶质名称					
蛋白胨	70	68	56	56	56
牛肉膏	75	61	51	49	43
酵母膏	76	74	53	49	48
玉米浆	78	68	60	56	48

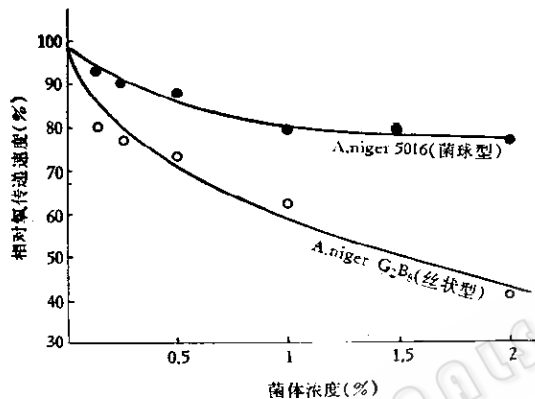


图9 菌体悬浮液的氧传递速度

(九) 淀粉溶液的氧传递速度

甘薯粉和玉米淀粉溶液的氧传递速度见图8。经过 α -淀粉酶液化处理的浓度为20%玉米淀粉溶液,氧传递速度可达水的30%。

(十) 菌体悬浮液的氧传递速度

菌体的菌球型和丝状型悬浮液的氧传递速度见图9。此结果与Solomons^[7]用极谱法测定的结果接近。

参 考 文 献

- [1] Cooper, C. M., G. A. Fernstrom, and S. A. Miller: *Ind. Eng. Chem.*, **36**: 504, 1944.
- [2] Murphy, D., D. S. Clark, and C. P. Lentz: *Can. J. Chem. Eng.*, **37**: 157, 1959.
- [3] 朱守一、李桢、熊福泉等: 摇瓶与发酵罐中通气搅拌功率测定与对比,《抗菌素研究II》(童村、张为申编),上海科学技术出版社,上海,1963年,第221页。
- [4] Auro, M. A., H. M. Hodge, and N. G. Roth: *Ind. Eng. Chem.*, **49**: 1237, 1957.
- [5] Freedman, D.: *Processes Biochemistry*, **4** (3): 35, 1969.
- [6] Clavin, P. C., P. Campbell, and H. Campbell: *Water sewage Works*, **114**: 416, 1967.
- [7] Solomons, G. L.: *J. Biochem. Microbiol. Technol. Eng.*, **3**: 1, 1961.