

用乳酸高分子聚合物减少白色污染的可行性探究

——由一道化学试题产生对乳酸的思考

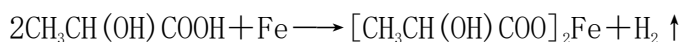
福建省厦门同安第一中学 高一年（15）班 黄贇超

前言

●这是一道高中常见的有机化学题：

近年来，乳酸成为人们的研究热点之一。乳酸可以用化学方法合成，也可以由淀粉通过生物发酵法制备。利用乳酸聚合而成的高分子材料具有生物相容性，而且在哺乳动物体内或自然环境中，都可以最终降解成为二氧化碳和水。乳酸还有其他用途。

(1) 乳酸可以与精制铁粉制备一种药物，反应方程式为



在该反应中，氧化剂是_____，还原剂是_____，产物乳酸亚铁可以治疗的疾病是_____。

(2) 用乳酸聚合的纤维材料非常适合于做手术缝合线，尤其是在做人体内部器官的手术时使用。试分析其中的原因_____。

(3) 利用乳酸合成高分子材料，对于环境有什么重要的意义？试从生物学物质循环的角度解释：_____。

●看到乳酸的这些信息，本人想从以下两个方面展开探究：

一．尝试分别探究化学方法和淀粉生物发酵法制备乳酸。

(一) 化学方法制乳酸，是不是可以从乙烯入手，先将乙烯和 HCN 进行加成，生成丙腈，然后在酸性条件下进行水解，就可以获得丙酸了。接下来就可以先将溴原子引入到 $-\text{CH}_2-$ 中，最后在碱水共热就可以把卤代基取代成羟基了，从而得到乳酸。但是可能会遇到的困难是：不好控制 Br 原子的取代位置。

(二) 生物方法制乳酸：利用淀粉水解成葡萄糖，然后，再加入乳酸菌将糖分转化成乳酸。可能会遇到的困难是：无法检测自己制出的乳酸纯度。

二．购买现成的乳酸进行对比实验，并尝试用实验法制作乳酸的聚合物。

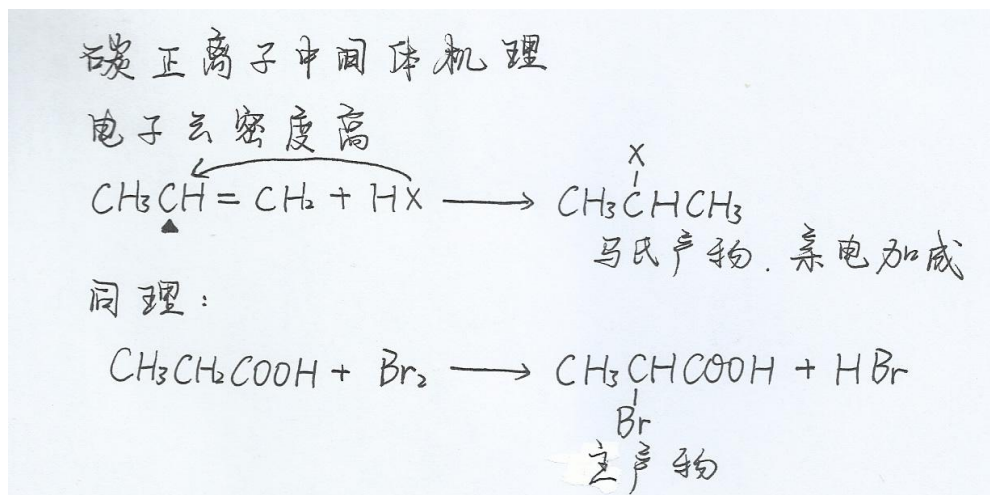
可能遇到的困难是：检测标准，即化学分析上的困难。

正文

乳酸是一种重要的有机酸。广泛应用在食品、医药、化妆、纺织等多个领域。乳酸又称为 α 羟基丙酸，乳酸纯品为无色液体，工业品为无色到浅黄色液体。无气味，具有吸湿性。化学式 $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ 在水溶液中它的羧基释放出一个质子，而产生乳酸根离子 $\text{CH}_3\text{CHOHCOO}^-$ 。在发酵过程中乳酸脱氢酶将丙酮酸转换为左旋乳酸。分子中有一个不对称碳原子，具有旋光性，因此有 L-乳酸与 D-乳酸两种旋光异构体。 [1]

一. 乳酸的制取。

根据高中的化学知识，我们知道，可以将乙烯作为原料，先将乙烯和 HCN 进行加成，生成 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ 丙腈，然后在酸性条件下进行水解，就可以获得丙酸了。接下来就可以先将溴原子引入到 $-\text{CH}_2-$ 中，形成 $\text{CH}_3\text{CHBrCOOH}$ ，最后在碱水进行共热就可以把卤代基取代成羟基了，从而得到乳酸。但是可能会遇到的困难是：因为所学知识水平的限制，我无法控制 Br 原子的取代位置，也无法对可能产生的副反应产物 $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ 进行定量分析测定。在和老师的交流探讨中，我明白了马氏规则和在氧化剂作用下的反马氏规则的初步原理： $-\text{CH}_3$ 属于推电子基，而 $-\text{COOH}$ 属于吸电子基，所以夹在中间的 $-\text{CH}_2-$ 是属于电子云密度比较高的，所以 Br 原子就主要进攻这个位置产生 $\text{CH}_3\text{CHBrCOOH}$ 。分析如手写图示：



在这个实验中，我们的目的是制取 α 羟基丙酸，需要的是 Br 原子取代在 α 位置上，属于马氏规则，所以 $\text{CH}_3\text{CHBrCOOH}$ 应是属于较大部分的产物。

虽然化学法制取乳酸，可能会有高产率，但是考虑到现实生活中，石油资源的不断紧缺，大部分以石油为原材料的产业都受到了冲击，所以，还是应选择

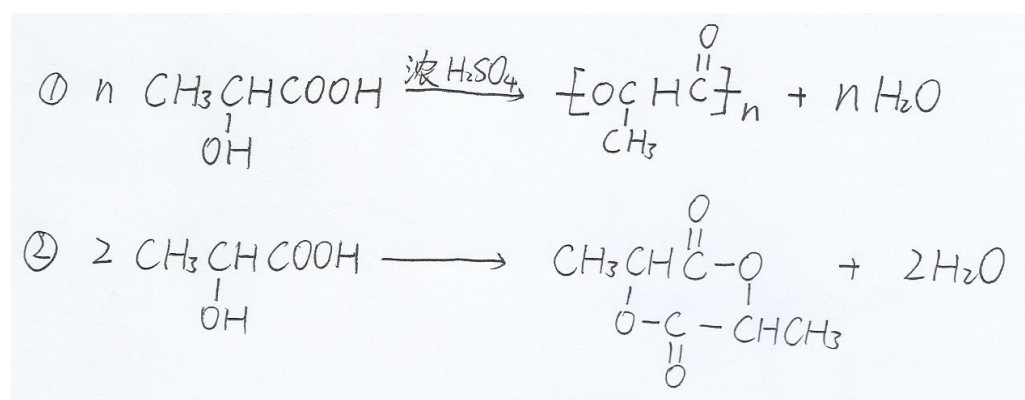
可循环的生物方法进行 L-乳酸的制取才更有实用价值和意义，也更符合我这次探究的初衷。

在查考了一些文章后，本人发现葡萄糖、蔗糖、乳糖、麦芽糖、甘露糖、木糖和半乳糖均可以作为碳源发酵生产 L-乳酸。利用这些高纯度糖发酵生产乳酸可以获得高纯度产物，而且还有利于节省后续的提取成本。然而，L-乳酸的市场流通价格很低，所以开发利用工农业副产品作为淀粉质原料，效果会更好。^[2]所采用的原理是：发酵法的主要途径是糖在乳酸菌作用下，调节 pH 值 5 左右，保持大约 5°C 发酵三到五天得粗乳酸。

二. 制取聚乳酸。

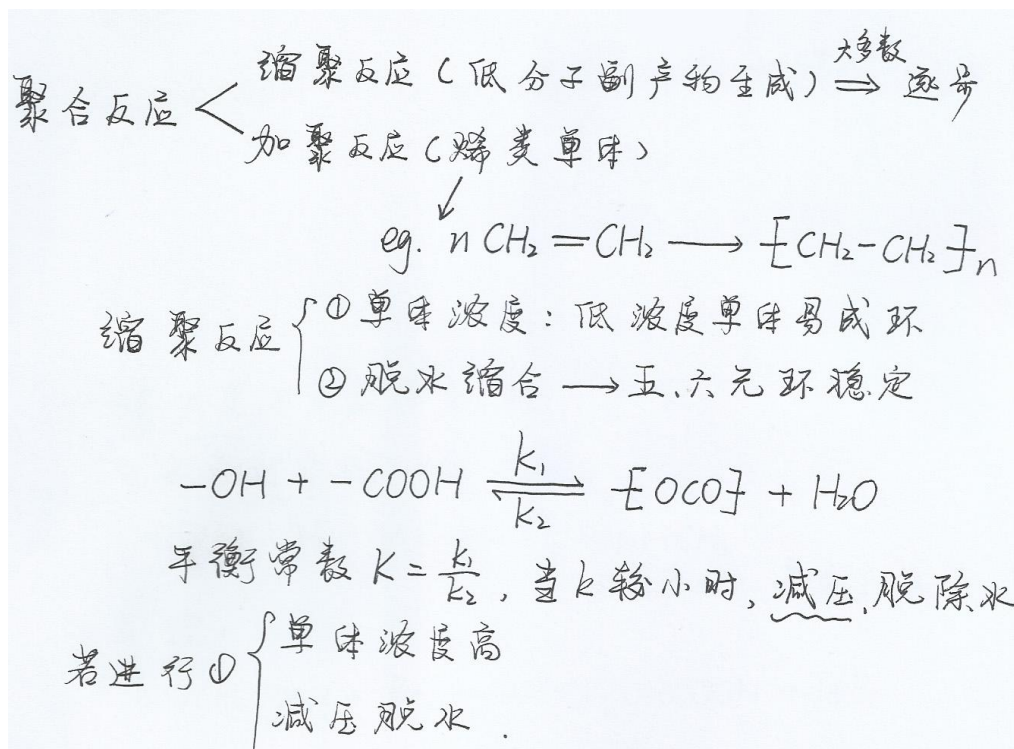
聚乳酸也称为聚丙交酯，属于聚酯家族，是以乳酸为主要原料聚合得到的聚合物，原料来源充分而且可以再生。聚乳酸的生产过程无污染，而且产品可以生物降解，实现在自然界中的循环，因此是理想的环保型高分子材料。^[3]淀粉通过植物的光合作用由二氧化碳和水合成，再经微生物发酵生成乳酸。因乳酸的生成来自天然，用乳酸合成的高分子材料又可以最终降解成为二氧化碳和水，回归自然，故利用乳酸合成高分子材料，利于环保，原材料丰富，还可以自然降解，可以减少白色污染。那么，如何制取聚乳酸呢？

根据我们中学课本的知识，我们知道乳酸同时具有羟基（-OH）和羧基（-COOH），所以可以进行分子间脱水，直接发生缩聚反应，采用浓硫酸作为脱水剂使乳酸合成聚乳酸。



实验之后，我发现自己用实验仪器做出来的这种糊状的聚乳酸只能算是低聚物，很难在工业上加予更好的应用。所以，能否形成分子量更大的聚乳酸，或者形成空间网状高分子聚合物，才是实现这个制取目的的关键。在阅读了田康明等人的论文之后，才知道，这里的关键是因为在直接聚合的过程中，反应体系通常

是游离乳酸、水、聚酯和丙交酯的混合体系，不利于反应向正方向进行，得到的聚合物一般分子量比较小。在和老师探讨之后，发现主要的原理是这样的：



为了使聚合物的分子量更大，制造效果更好，可以考虑以下几个方法：(1)可以考虑添加某些溶剂进行回流脱水；(2)也可以先通过直接聚合生成丙交酯，然后再利用固相的丙交酯进行二次聚合。俗称丙交酯开环聚合法。^[4]

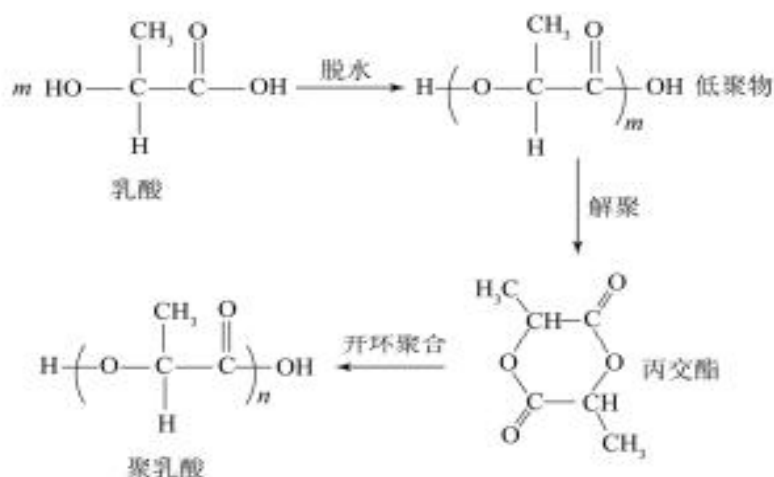


图1 丙交酯开环聚合法制备聚乳酸

备注：此图来源[4]论文中的截图

虽然，在阅读相关论文或文献资料的时候，我觉得很吃力，甚至是看不懂。

但是，通过这次的探究学习，我学到了乳酸的实际价值；还有化学或生物方法在合成乳酸时，所面临的马氏效应和纯度分析问题，发现分析化学无处不在，而且对任何实验来说都至关重要；以及如何将反应原理中所学到的知识，应用到实际反应操作中如何才能更好地实现正方向产物从低聚物到高聚物方向进行，所需控制的条件和实验革新；还有，认知到目前聚乳酸还面对着两个挑战：第一，材料的精细化，即可以根据具体需要调节其性能；第二，如何更好地降低聚乳酸的制作成本，当聚乳酸的制作成本降低到一定程度后，它将会成为通用降解塑料的首选，那“白色污染”就不再是不治之症了。

参考文献（相关论文从“知网”购得 pdf 版并打印学习）

- [1] 摘抄自百度百科；
- [2] 《中国生物工程杂志》2011, 31 (2): L-乳酸的发酵生产和 L-乳酸的化学加工 作者：田康明 周丽 陈献忠等；
- [3] 马强，杨青芳，姚军燕. 聚乳酸的合成研究[J]. 高分子材料科学与工程, 2004, 5(3):1-2;
- [4] 《化工进展》2012 年第 31 卷第 12 期 聚乳酸合成技术研究进展 作者：胡建军。