

文章编号:1000-582X(2007)05-0108-05

## 盐稀释剂对合成 D,L-丙交酯的影响

胡承波,陈际达,王芳,周治国,季金苟

(重庆大学化学化工学院,重庆 400030)

**摘要:**采用对比实验、正交试验以及盐稀释剂量的选择确定最优合成工艺条件,对所制备的 D,L-丙交酯再进行定性和定量分析。得出盐稀释剂是影响 D,L-丙交酯产率最显著的因素,当用量为 4%—6% 时,其收率由 25.65% 提高到约 40.00%,磷酸盐的残留量仅为 0.012%,D,L-丙交酯的纯度可达 99.40% 以上。磷酸盐稀释剂能够显著提高 D,L-丙交酯的收率,不影响结构和纯度,所制得的 D,L-丙交酯能够满足合成聚合物和共聚物的要求。

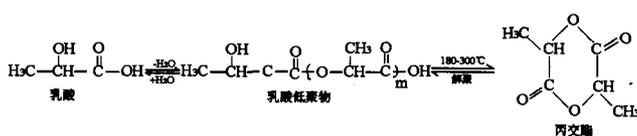
**关键词:**磷酸二氢钾;稀释剂;D,L-丙交酯;收率

**中图分类号:** O623

**文献标志码:** A

丙交酯作为乳酸的环状二聚体,由于其聚合物(PLA)以及共聚物具有良好的生物相容性、可降解性以及力学性能,已应用于外科缝合线、骨折内固定材料、药物控释体系等医用领域<sup>[1]</sup>,同时还在农业、林业、渔业<sup>[2]</sup>、食品包装、卫生用品以及高档的仿真服装面料等<sup>[3]</sup>方面也得到广泛的应用。

自 1966 年 Kulkarni R. K. 等<sup>[4]</sup>首先报道由丙交酯开环聚合制备聚乳酸的方法后,以乳酸两步合成丙交酯成为国内外学者研究的重点。其合成过程如下



丙交酯的合成长期以来存在合成温度高、能耗大、收率低的现状,不能经济、规模化地应用于生物材料领域。李曹等<sup>[5]</sup>开发出锌-镧双金属固体超强酸催化剂,虽然提高了收率,但增加了成本。苏涛<sup>[6]</sup>、Yanagase A<sup>[7]</sup>、Ohkaito M 等<sup>[8]</sup>在常压下分别向反应体系通入 CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、汽化甲苯等“惰性气体”,虽然降低了体系的真空度,但气流也带走一些物料,使得丙交酯的收率降低;同时以汽化甲苯为“惰性气体”时,丙交酯中会残留较多的溶剂,这使得丙交酯的精制变得更为复杂。

从改善在合成丙交酯后期由于存在体系粘稠、流动性差、易氧化炭化变色,导致收率低的问题入手,采用氯化亚锡-氯化锌复合催化剂,并加入磷酸二氢钾作为盐稀释剂,以期解决以上缺点并提高收率。

### 1 实验部分

#### 1.1 原料及试剂

D,L-乳酸(85%~90%, AR, 上海化学试剂总厂);磷酸二氢钾(AR, 重庆北碚化学试剂厂);氯化亚锡(AR, 成都天华科技股份有限公司);氯化锌(AR, 国营重庆无机化学试剂厂);乙酸乙酯(AR, 重庆川东化工有限公司化学试剂厂);甲醇(AR, 重庆川东化工有限公司化学试剂厂);甲醇钠(AR, 天津市光复精细化工研究所);氢氧化钠(AR, 重庆川东化工有限公司化学试剂厂);钼酸铵(AR, 重庆北碚化学试剂厂);钒钼酸(AR, 重庆北碚化学试剂厂);酚酞(上海新中化学厂股份有限公司); $\alpha$ -萘酚指示剂(湖南湘中化学试剂厂开发中心)。

#### 1.2 实验方法

##### 1.2.1 D,L-丙交酯的合成与纯化

将 150 g D,L-乳酸和 2.0 g 复合催化剂(氯化亚锡:氯化锌=1.0:1.0)投入 250 mL 的三口烧瓶中,搅

收稿日期:2007-01-23。

基金项目:重庆市自然科学基金资助项目(CSTC,2006BB4179)。

作者简介:胡承波(1976-),男,重庆大学硕士研究生,主要从事生物医用材料研究。陈际达(联系人),男,重庆大学教授,  
(E-mail)chenji63@hotmail.com。

拌、逐渐升温并减压。在 90 ℃,真空度为 0.085 MPa 时,开始脱出自由水,再缓慢升温至 150 ℃,真空度为 0.095 MPa 时,乳酸脱水进行缩聚反应。更换冷凝接收装置,同时加入一定量的磷酸二氢钾,在真空度 0.13 MPa,迅速升温到 180 ℃以上,低聚物解聚成环,丙交酯即可蒸出,在 -10 ℃的冷凝接收瓶中冷凝为固体,直到无明显馏出物为止,反应结束。

将冷凝接收瓶中的固体粗产物水浴软化后,冰水洗涤、抽滤、再用乙酸乙酯粗结晶、重结晶 2 次后,于真空度 0.085 MPa,42 ℃的真空干燥箱(DZF-6050 型,上海精宏实验设备有限公司)中充分干燥 48 h,放入干燥器中备用。

### 1.2.2 对比实验

按照实验 1.2.1 的方法,在高温解聚阶段,一组实验加入磷酸二氢钾作为稀释剂,另一组不加,每组 10 次实验,然后计算收率,记录结果。收率以式(1)计算:

$$\text{收率} = (W/105) \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中:W 为纯化后丙交酯的质量,g;

105 为 150 g 乳酸按照 87.5% 的含量完全转化为丙交酯的质量,g。

### 1.2.3 正交试验与合成工艺条件的确定

在 D,L-丙交酯合成的实验中,根据实验情况,考察催化剂的比例(A)、盐稀释剂的用量(B)、150 ℃的脱水时间(C)、解聚升温速率(D)对丙交酯收率的影响,从而选择最佳工艺。每个因子取 3 个水平,因子水平见表 1。

表 1 实验因子水平表

	A	B	C	D
因子	催化剂的比例	盐稀释剂的量	脱水时间/h	解聚升温速率/℃/min
1	0.8:1.0	3%	2.0	4
2	1.0:1.0	5%	2.5	6
3	1.2:1.0	7%	3.0	8

因此,此实验为 4 因子 3 水平试验问题,用  $L_9(3^4)$  正交表安排试验,记录结果。

### 1.2.4 盐稀释剂量的选择

在实验 1.2.2 的基础上,将盐与乳酸原料重量的百分含量按照 0%、2%、4%、6%、8%、10% 的比例加入,考察盐稀释剂的量与丙交酯收率的关系。

### 1.2.5 焦磷酸盐作为稀释剂对丙交酯收率的影响

磷酸二氢钾在高温时,易于脱水生成具有流动性和稀释作用熔融的焦磷酸盐,为了节约成本,将反应后

生成的焦磷酸盐用蒸馏水洗涤、烘干、研成细粉,再以 1.2.2 和 1.2.3 所得稀释剂的量加入,考察焦磷酸盐做稀释剂对收率的影响。

## 1.3 分析与测试

### 1.3.1 熔点的测定

取经过纯化和充分干燥后的丙交酯样品,用 Thiele 熔点测定装置测定其熔点,与文献值做对比。

### 1.3.2 D,L-丙交酯的红外光谱(IR)

取丙交酯样品,采用 KBr 压片法,以红外光谱仪(MAGNA-IR 550 型,Nicolet 公司)检测,对谱图进行分析。

### 1.3.3 磷酸盐的鉴别

精密称取样品 2.0 g,加 5 mL 10.5 M 的 NaOH 溶液,微热溶解,再加 1 mL 浓度为 2 mol/L 的  $\text{HNO}_3$  溶液,加入 1 mL 0.02 mol/L 的钼酸铵溶液,混合、加热,观察是否有黄色沉淀生成。

### 1.3.4 D,L-丙交酯的定量分析

丙交酯是合成聚乳酸(PLA)以及共聚物的中间体,其纯度对合成高分子量的聚合物尤为重要。在合成丙交酯的过程中,由于加入了磷酸二氢钾盐稀释剂,因此把残留的磷酸盐、乳酸和微量的水分作为杂质检测指标。一般要求丙交酯的纯度 99.00% 以上,水分少于 0.15%,羧酸和水分的含量少于 1.00% 方为合格<sup>[9]</sup>。

#### 1) 用磷钒钼酸盐法分光光度测定磷酸根的含量

标准曲线的绘制:精密量取 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  标准溶液 1、2、3、4、5、7、8、9、10、11、12 mL 于 50 mL 容量瓶中,再向每一标准液中加入钒钼酸溶液 1 mL,定容,在室温下放置 10 min,以蒸馏水作参比,用 3 cm 的吸收池在 370 nm 测定吸光度。以吸光度为纵坐标,浓度为横坐标作图,绘制标准曲线。

丙交酯中磷酸盐含量的测定:精密称取丙交酯样品 10.0 g,再加入 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液 30 mL,微热,溶解,转移到 50 mL 的容量瓶中,加 4 mL 浓度为 2 mol/L 的  $\text{HNO}_3$  溶液,再加钒钼酸溶液 1 mL,定容,如上方法 3 次测定其吸光度,从图中查得磷酸盐的浓度,计算其百分含量。计算公式如式(2)

$$\text{磷酸盐的含量} = [C \times 10^{-6}/W] \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中,C 为从标准图中查得磷酸盐的浓度, $\mu\text{g}$ ;W 为样品质量,g;

#### 2) 丙交酯中残留乳酸含量测定

丙交酯中残留乳酸的分析参照文献[10]。精密称取样品 2.0 g,加入 25 mL 无水甲醇及 2 滴 0.2% 的  $\alpha$ -萘酚酞醇溶液,缓缓通入干燥  $\text{N}_2$ ,开动搅拌器使样

品溶解,用标准浓度的甲醇钠无水甲醇溶液滴定至淡蓝色终点。测定3次,乳酸含量计算公式如式(3)

$$\text{乳酸的含量} = [(CV \times 10^{-3} \times 90.08) / W] \times 100\% \quad (3)$$

式(3)中,  $C$  为甲醇钠溶液的浓度,  $0.01880 \text{ mol/L}$ ;  $V$  为消耗甲醇钠溶液的体积,  $\text{ml}$ ;  $W$  为样品质量,  $\text{g}$ ;  $90.08$  为乳酸的摩尔质量,  $\text{g/mol}$ 。

### 3) 丙交酯中微量水分的分析

丙交酯中微量水的测定参照文献[11]。精密称取样品  $6.0 \text{ g}$ , 采用乙酰氯法测定3次。微量水分的含量计算公式如式(4)。

水份的含量 =

$$[C(V_1 - V_2) \times 10^{-3} \times 18.02 / W] \times 100\% \quad (4)$$

式(4)中  $C$  为  $\text{NaOH}$  标准溶液的浓度,  $0.04905 \text{ mol/L}$ ;  $V_1$  为消耗  $\text{NaOH}$  溶液的体积,  $\text{ml}$ ;  $V_2$  为空白的体积,  $\text{ml}$ ;  $W$  为丙交酯样品的质量,  $\text{g}$ ;  $18.02$  为水的摩尔质量,  $\text{g/mol}$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 实验部分

#### 2.1.1 对比实验

丙交酯的收率用式(1)计算, 数据结果见表2和图1。

表2 空白和盐稀释剂对丙交酯的收率

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
空白	24.90	26.21	25.81	26.58	26.32	25.28	26.74	25.03	24.92	24.75	25.65
稀释剂	36.42	37.27	36.57	38.23	36.47	35.98	37.45	36.03	35.62	36.74	36.68

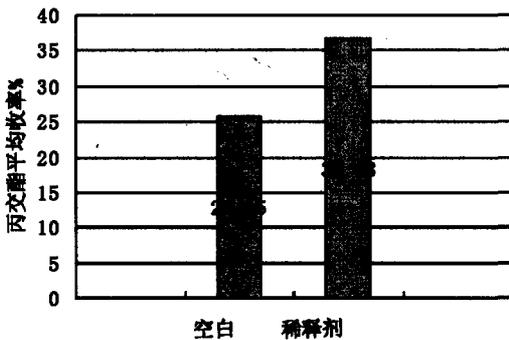


图1 丙交酯收率对比实验图

可以看出,在丙交酯解聚阶段加磷酸二氢钾后,其收率明显可以提高约11%左右。表明以磷酸二氢钾作为稀释剂后,在  $180 \text{ }^\circ\text{C}$  的高温以上,生成熔融的焦磷酸盐液体,增加了反应体系的流动性,加快了体系的传热速率,有利于低聚物快速解聚,使得解聚生成的丙交酯能够快速减压蒸出,同时减少了丙交酯在高温中的时间,降低了炭化氧化的程度,从而提高了收率。

#### 2.1.2 正交试验数据处理与合成工艺条件的确定

正交试验数据记录与处理结果、方差分析见表3和表4。

表3 正交试验及数据处理结果

实验组数	A	B	C	D	收率% ( $n=3$ ), 数据 $y_i$	合计
1	1	1	1	1	32.38, 31.43, 34.29	98.10
2	1	2	2	2	33.81, 34.76, 35.81	104.38
3	1	3	3	3	25.71, 24.76, 23.81	74.28
4	2	1	2	3	33.33, 32.38, 36.19	101.90
5	2	2	3	1	35.24, 36.19, 37.14	108.57
6	2	3	1	2	26.52, 28.57, 27.62	82.71
7	3	1	3	2	27.62, 26.67, 24.76	79.05
8	3	2	1	3	33.34, 34.29, 35.24	102.87
9	3	3	2	1	25.71, 26.67, 26.04	78.42
$M_{1j}$	276.76	279.05	283.68	285.09	$T=830.28$	
$M_{2j}$	293.18	315.82	284.70	266.14	$Y=T/27=30.75$	
$M_{3j}$	260.34	235.41	261.90	279.05	$\sum y^2 \quad ij=26036.07$	
$m_{1j}$	30.75	31.01	31.52	31.68		
$m_{2j}$	32.58	35.09	31.63	29.57		
$m_{3j}$	28.93	26.16	29.10	31.01		
$R_j$	3.65	8.93	2.53	2.11		
$S_j$	$S_1=59.91$	$S_2=360.08$	$S_3=36.86$	$S_4=20.82$	$\sum S_j=477.67$	

表4 方差分析

方差名称	S	f	s=S/f	F	显著性
A	59.91	2	29.96	20.52	**
B	360.08	2	180.04	123.32	**
C	36.86	2	18.43	12.62	**
D	20.87	2	10.44	7.15	**
$S_E$	26.35	18	1.46		
误	26.35	18	1.46		

$$F_{0.95}(2,18) = 3.55, F_{0.99}(2,18) = 6.01$$

由方差分析得出:A、B、C、D 因子均高度显著,由表3 比较  $R_j$  的大小可以确定因子的主次顺序为:B、A、C、D,由此可见,在实验范围内 B 盐稀释剂的量是最显著的影响因素。同时比较各因子不同水平的平均指标,对  $m_{ij}$  值大者对应水平为好,具体为  $A_2$ 、 $B_2$ 、 $C_2$ 、 $D_1$ ,即可以选择  $A_2B_2C_2D_1$  为最优试验条件,也就是选择催化剂的比例为 1.0:1.0、盐稀释剂的量为 5%、脱水时间为 2.5 h、解聚升温速率为  $4\text{ }^\circ\text{C}/15\text{ min}$  作为最优实验条件。

### 2.1.3 磷酸二氢钾稀释剂量的选择

磷酸二氢钾与乳酸的重量按照 0%、2%、4%、6%、8%、10% 的比例加入,其收率与各比例的数据关系见表 5 和图 2

表5  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  的百分含量与丙交酯收率 %

实验次数	1	2	3	4	5	6
稀释剂的百分含量	0	2	4	6	8	10
收率	25.74	26.65	37.74	38.21	26.05	24.23

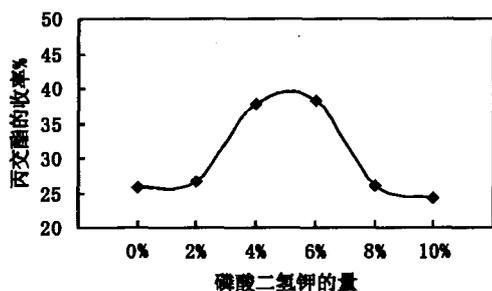


图2 稀释剂的量与收率的关系曲线图

从图 3 可以看出,当磷酸二氢钾的量为乳酸的 4%~6% 时,其收率最高,可达 40% 左右。当低于 4% 或高于 6% 时,其收率显著降低。可能是当磷酸二氢钾的量低于 4% 时,没有起到稀释作用,同样导致反应体系高温氧化炭化,收率没有提高;当磷酸二氢钾高于 6% 时,收率迅速降低,可能是过多的磷酸盐脱水的同

时,磷酸盐的羟基和双键与乳酸低聚物又生成了聚合物,从而降低了收率。故选择 4%~6% 这个量作为磷酸二氢钾的加入量,与 1.2.3 正交实验所得出磷酸二氢钾的量为 5% 相一致。

### 2.1.4 焦磷酸对丙交酯收率的影响

根据实验 1.2.2 和 1.2.3 的结果,取 5% 焦磷酸盐做稀释剂所得丙交酯的收率见图 3。

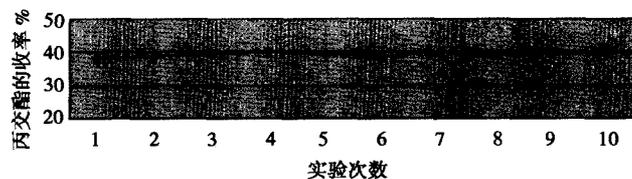


图3 焦磷酸盐稀释剂对丙交酯收率的影响

由此可见,以焦磷酸盐作稀释剂,其收率将近 40%,与实验 1.2.3 所得的结果符合。因此,磷酸盐脱水生成的焦磷酸盐做稀释剂后,还可以重新利用,节约了成本。

## 2.2 丙交酯的分析

### 2.2.1 熔点的测定

经过纯化后的丙交酯平行测定熔点 3 次,其平均熔点为  $123.8\sim 125.4\text{ }^\circ\text{C}$ ,熔点中间值为  $124.6\text{ }^\circ\text{C}$ ,与文献值<sup>[12]</sup>  $124.5\text{ }^\circ\text{C}$  基本一致。

### 2.2.2 丙交酯的红外图谱(IR)

合成的丙交酯红外图谱见图 4。

从图 4 可以看出,在  $1766.7\text{ cm}^{-1}$  处有一很强的吸收峰,为酯羰基 ( $-\text{O}-\text{C}=\text{O}$ ) 的伸缩振动,是判断酯羰基 ( $-\text{O}-\text{C}=\text{O}$ ) 的特征吸收;在  $1099\text{ cm}^{-1}$  处为  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  的伸缩振动,可以判断这 2 个基团的存在;在  $3004\text{ cm}^{-1}$  和  $2925\text{ cm}^{-1}$  处为  $\text{C}-\text{H}$  的伸缩振动,表明有次甲基 ( $-\text{CH}$ ) 存在;  $1448\text{ cm}^{-1}$  处为  $-\text{CH}_3$  的反对称变形,  $1386\text{ cm}^{-1}$  处为  $-\text{CH}_3$  对称变形,且吸收较强,为  $-\text{CH}_3$  的特征吸收。因此,用磷酸二氢钾作稀释剂没有改变产物的结构,即生成的产物仍为丙交酯。

### 2.2.3 丙交酯中残留磷酸盐的鉴别

在磷酸盐的鉴别实验中,未见黄色沉淀生成。可见丙交酯中磷酸盐的残留量很少,不足以生成黄色的磷钼酸铵沉淀。

### 2.2.4 丙交酯的含量分析

丙交酯中残留磷酸盐的含量检查,以吸光度为纵坐标,磷酸盐的浓度为横坐标作图,得到标准曲线图 5。

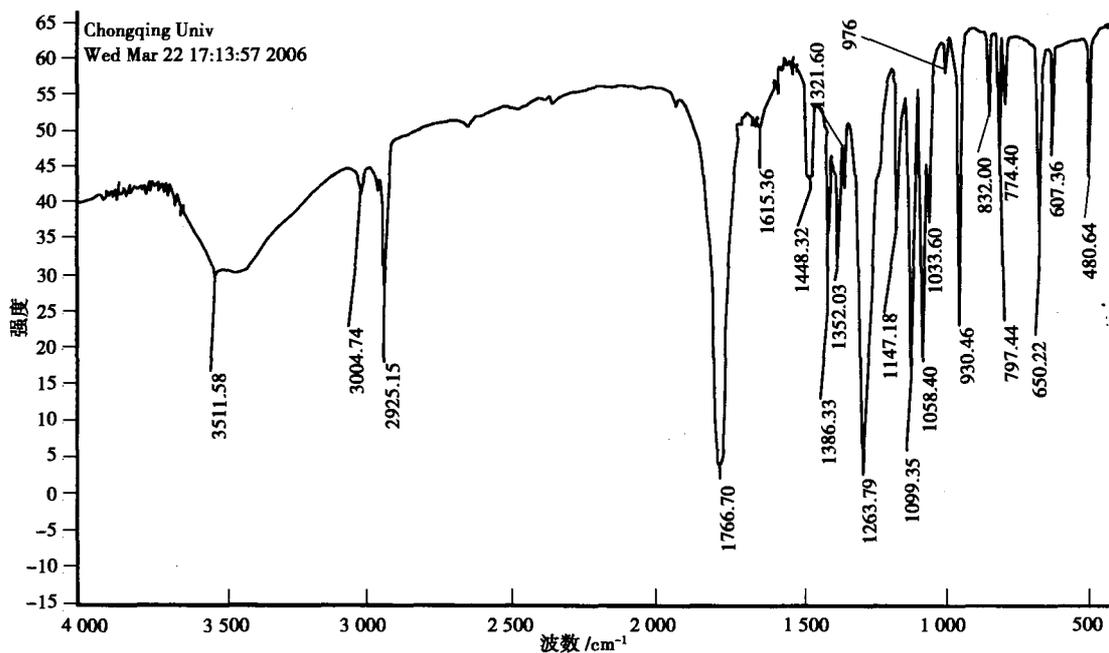


图 4 丙交酯的红外光谱图

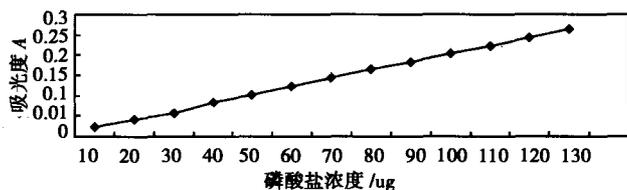


图 5 磷酸盐的标准吸收曲线图

样品采用同样的方法 3 次测得吸光度,从图 5 上可以查得样品中残留磷酸盐的浓度,由式(2)计算百分含量,数据结果见表 6。

残留乳酸和微量水分的分析结果分别由式(3)和(4)计算,数据结果见表 6。

表 6 丙交酯的含量 %

样品号	磷酸盐	水分	羧酸	丙交酯
1	0.012	0.135	0.394	99.459
2	0.014	0.142	0.395	99.449
3	0.011	0.133	0.401	99.455
平均	0.012	0.136	0.397	99.454

由表 6 可得,采用磷酸二氢钾作盐稀释剂,磷酸盐很容易洗涤,残留量很少,仅为 0.012%,在丙交酯中不足以影响丙交酯的纯度,采用该方法合成的丙交酯纯度高达 99.40% 以上,可以满足合成乳酸聚合物和共聚物。

### 3 结论

实验采用磷酸二氢钾作盐稀释剂,增加了反应体系的流动性,降低了丙交酯在高温体系中炭化氧化的程度。正交试验表明,在实验范围内催化剂的比例为 1.0:1.0、盐稀释剂的量为 5%、脱水时间为 2.5 h、解聚升温速率为 4 °C/15min 作为最优条件。并且盐稀释剂的量是影响丙交酯收率最重要的因素,当盐稀释

剂的量为 4% ~ 6% 时,收率可达 40%,纯度可达到 99.40% 以上。磷酸盐在丙交酯的精制过程中易于除去,残留的磷酸盐不影响丙交酯的纯度,同时还具有良好的生物相容性。因此,实验对于以丙交酯为中间体制备生物医用材料的研究具有一定的意义。

### 参考文献:

- [1] 郭晓东,郑启新,杜靖远,等.可吸收羟基磷灰石/聚 D,L-乳酸骨折内固定材料机械强度和生物降解性研究[J].中国生物医学工程学报,2001,20(1):23-28.
- [2] 张国栋,杨纪元,冯新德,等.聚乳酸的研究进展[J].化工进展,2002,(12):89-102.
- [3] 顾书英,袁华.可生物降解纤维—聚乳酸(PLA)纤维[J].合成纤维,2003,(4):14-17.
- [4] KULKARNI R K, PANI K C, NEUMAN C C, et al. Polylactic acid for surgical implants[J]. Arch. Surg, 1966, 93:839-843.
- [5] 李曹,王远亮.固体超强酸 SO<sub>2</sub>-4/ZnO-SnO<sub>2</sub>/La<sup>3+</sup> 催化合成丙交酯[J].化学与粘合,2003,(1):13-16.
- [6] 苏涛,覃玉莹,马华,等.常压 CO<sub>2</sub> 气流法制 D,L-丙交酯[J].精细化工,1999,(3):41-43.
- [7] 张子勇,陈燕琼.丙交酯单体的制备与纯化[J].高分子材料科学与工程,2003,19(2):52-56.
- [8] 罗炎彦凤,王远亮,潘君,等.PLA-丙交酯单体合成方法的研究进展[J].高分子材料科学与工程,2003,19(1):2832.
- [9] 徐溢,柳胜春.合成丙交酯中微量水分分析[J].化学研究与应用,1995,7(4):434-436.
- [10] 李汝珍,苏涛.丙交酯中残存乳酸和水的定量分析[J].化学世界,2000,(2):103-106.
- [11] 王远亮,赵建华.高纯丙交酯的合成研究[J].重庆大学学报:自然科学版,1996,19(1):1132-117.
- [12] 安家驹,实用精细化工手册(2) [M].北京:中国轻工业出版社,300.

- crete Math, 2005, 300: 196-212.
- [10] DEZHENG XIE, WANLIAN YANG. The total chromatic number of graphs of even order and high degree[J]. Discrete Math, 2003, 271: 295-302.
- [11] 黄斌, 张先迪. 一些图的全着色计数[J]. 四川师范大学学报:自然科学版, 1998, 21: 523-526.
- [12] DANIEL KRAL, JAN KRATOCHVIL, ANDRZEJ PROSKUROWSKI. Coloring mixed hypertrees[J]. Discrete Applied Mathematics, 2006, 154: 660-672.
- [13] PATRIC R J, OSTERGARD. On a hypercube coloring problem[J]. Journal of Combinatorial Theory, Series A, 2004, 108: 199-204.
- [14] VOLOSHIN V. The mixed hypergraphs[J]. Computer Science J. Moldova, 1993, 1: 45-52.

## Total Coloring and Enumeration of Star

GONG Qu, YANG Peng-hui

(Department of Mathematics, Chongqing University, Chongqing, 400033)

**Abstract:** The total chromatic number  $\chi_T(H)$  of hypergraph  $H$  is the minimum number of colors needed to color the vertices and edges of  $H$  so that the incident or adjacent elements have distinct colors. The total coloring of hypergraph contains weak total coloring and strong total coloring. This paper will give the weak total chromatic number of star  $\chi_T^W(S(v)) = \Delta + 1$ , the strong total chromatic number  $\chi_T^S(S(v)) = M + 1$  and the enumeration of star.

**Key words:** star; weak total coloring; strong total coloring; total chromatic number; enumeration

(编辑 陈移峰)

(上接第 112 页)

## Effect of Synthetic D, L-Lactide with PD Pdiluent

HU Cheng-bo, CHEN Ji-da, WANG Fang, ZHOU Zhi-guo, JI Jin-gou

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** To discuss the effect about yield of synthetic D, L-lactide with potassium dihydrogen phosphate (PDP) diluents. The optimization process of synthetic D, L-lactide was selected by contrast experiments, optimization experiments and selective experiments of PD Pdiluent quantity, then D, L-lactide produced was analyzed by qualitative analysis and quantitative analysis. The yield of D, L-lactide was improved from 25.65% to about 40.00% when PD Pdiluent that was the most effective factor to affect yield was used from 4% to 6%, however, the rudimental PD Pcontent was only 0.012% and the content of D, L-lactide was above 99.40%. The yield of D, L-lactide was improved effectively with PD Pdiluent, and the D, L-lactide, which structure was not changed, could be polymerized into PLA and other polymers for enough content.

**Key words:** PDP; diluents; D, L-lactide; yield

(编辑 陈移峰)