

## 乙二胺四乙酸铁钠补铁剂制备实验改进

王秀云<sup>1</sup>, 程嘉硕<sup>1</sup>, 王一鸣<sup>1</sup>, 吴浩宇<sup>2</sup>, 宿艳<sup>1</sup>, 高瑀茁<sup>1</sup>, 刘潇彧<sup>1</sup>, 赵铭宇<sup>1</sup>, 王春燕<sup>1</sup>, 崔淼<sup>1</sup>, 姜文凤<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>大连理工大学化学学院, 辽宁 大连 116024

<sup>2</sup>大连理工大学机械工程学院, 辽宁 大连 116024

**摘要:** 本项目将乙二胺四乙酸铁钠(NaFeEDTA)补铁剂制备实验项目进行了改进, 将理论知识与实际生产紧密衔接, 依据药物制备工艺流程, 设置集方案设计、药物制备、结构鉴定、纯度分析等模块于一体的全链条实验内容, 将实验项目由验证性实验转变为综合性、设计性实验, 引导学生结合制药工艺流程中所涉及到的质量控制、安全生产、环境保护等因素设计实验方案。本实验项目可结合多条专利路线, 能激发学生探究兴趣, 促进学生自主探究, 培养学生方案设计和创新思辨能力, 提升学生实际问题能力和科学素养, 增强专业自信。

**关键词:** 乙二胺四乙酸铁钠补铁剂制备; 实验改进; 方案设计

**中图分类号:** G64; O6

## Improvement of Sodium Ferric Ethylenediaminetetraacetate (NaFeEDTA) Iron Supplement Preparation Experiment

Xiuyun Wang<sup>1</sup>, Jiashuo Cheng<sup>1</sup>, Yiming Wang<sup>1</sup>, Haoyu Wu<sup>2</sup>, Yan Su<sup>1</sup>, Yuzhuo Gao<sup>1</sup>, Xiaoyu Liu<sup>1</sup>, Mingyu Zhao<sup>1</sup>, Chunyan Wang<sup>1</sup>, Miao Cui<sup>1</sup>, Wenfeng Jiang<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> School of Chemistry, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning Province, China.

<sup>2</sup> School of Mechanical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning Province, China.

**Abstract:** This project introduces an enhanced approach to the experimental preparation of Sodium Ferric Ethylenediaminetetraacetate (NaFeEDTA) as an iron supplement. Bridging theoretical concepts with practical manufacturing, the experimental design is aligned with pharmaceutical production processes. It incorporates a comprehensive set of modules, ranging from experimental design and drug preparation to structural identification and purity analysis. The project transforms the experiment from a validation-based exercise to a holistic, design-oriented experiment. Students are guided to consider quality control, safety protocols, and environmental protection as part of their experimental design. This experimental framework accommodates multiple patent pathways, stimulating students' investigative interests and fostering skills in experimental design and critical thinking. It aims to enhance students' problem-solving capabilities, improve their scientific literacy, and boost their confidence in the field.

**Key Words:** Preparation of NaFeEDTA iron supplement; Experiment improvement; Scheme design

### 1 引言

乙二胺四乙酸铁钠(NaFeEDTA), 分子式为 $C_{10}H_{12}FeN_2NaO_8 \cdot 3H_2O$ , 是土黄色粉末, 无臭无味,

收稿: 2023-08-17; 录用: 2023-09-07; 网络发表: 2023-09-22

\*通讯作者, Email: jangwf@dlut.edu.cn

基金资助: 教育部产学合作协同育人项目(220504807051041, 202101033007); 国家质量工程项目(ZL2021142, ZL2020143, ZL2021301)

溶于水和酸, 口感好, 无肠胃刺激, 不影响食品的感官和理化品质, 广泛用于食品、保健品和药品的添加剂, 是理想的补铁剂<sup>[1-2]</sup>。传统NaFeEDTA的实验制备方法是先以FeCl<sub>3</sub>与NaOH反应制备得到Fe(OH)<sub>3</sub>, 以得到的Fe(OH)<sub>3</sub>与乙二胺四乙酸二钠(Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Y)于95 °C恒温水浴反应1.5 h制得。此法得到的产物为粘稠状, 提纯和分离困难, 产品不纯。另外, 实验内容的挑战度不高, 对学生的创新实践能力培养不足。

目前, 能够进行自主设计且贴近生产生活的无机化学实验项目的案例较少, 其主要原因是实验受限于难度适宜、环境友好、成本低廉、安全可靠、时长适中、成功率高、与无机化学理论知识紧密相关、同时又可以有多种制备方案等要求限制, 因此, 在无机化学实验中开设设计性项目较难, 可供参考的范例较少。

本实验面向化学、化工、环境等专业开设, 结合制药工艺流程, 开设NaFeEDTA补铁剂制备设计性实验项目, 以期提升学生方案设计能力。实验项目可以通过选择不同的铁源、乙二胺四乙酸(EDTA)源、钠源、碱源设计多种制备路线, 可设计性强, 如, Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Y/Fe(OH)<sub>3</sub>/NaOH法、EDTA/Fe(OH)<sub>3</sub>/NaOH法、FeCl<sub>3</sub>/EDTA/NaHCO<sub>3</sub>法等<sup>[3-5]</sup>。尤为值得一提的是制备NaFeEDTA的专利方法有多种, 如阳离子交换树脂法、NaOH/EDTA/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>法、Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Y/FeSO<sub>4</sub>法、EDTA四钠/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>法等<sup>[6-9]</sup>。学生先查阅文献, 研究并设计和选择安全、简捷的工艺路线。学生的设计思路容易与专利方法不谋而合, 这能够极大地激发学生探究兴趣, 增强学生的创新意识。

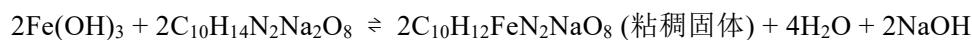
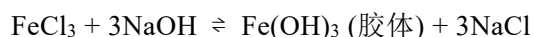
## 2 实验部分

### 2.1 实验目的

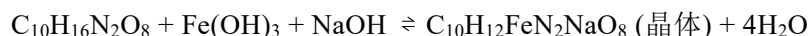
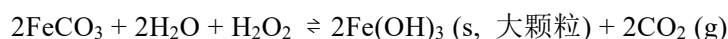
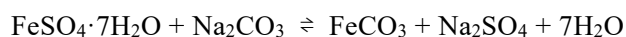
- (1) 掌握高纯乙二胺四乙酸铁钠制备原理及方法;
- (2) 能够设计并探讨乙二胺四乙酸铁钠制备方案;
- (3) 巩固过滤、水浴加热、蒸发、结晶、沉淀洗涤等操作;
- (4) 掌握生物偏光显微镜的操作方法, 了解纯度分析方法;
- (5) 了解红外光谱分析和X射线衍射(XRD)分析的操作方法, 了解物质结构的测试方法。

### 2.2 实验原理

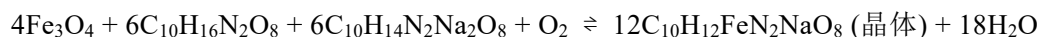
传统实验方案: FeCl<sub>3</sub>和NaOH于60–70 °C条件下反应得到Fe(OH)<sub>3</sub>沉淀, 然后与Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Y反应得到NaFeEDTA。由于Fe(OH)<sub>3</sub>是胶体以及产物是粘稠状固体, 副产物NaCl和NaOH难以洗脱去除, 导致产物纯度低。反应式如下:



**改进合成路线1:** FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O溶于水后和碳酸盐反应得到大颗粒FeCO<sub>3</sub>沉淀, 易过滤和除杂, 可解决因三价铁直接生成Fe(OH)<sub>3</sub>胶体而难以分离杂质的难题<sup>[10]</sup>。生成的FeCO<sub>3</sub>可被H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>快速氧化为大颗粒Fe(OH)<sub>3</sub> (也可在空气中静置氧化)。制备得到的Fe(OH)<sub>3</sub>与EDTA和NaOH溶于水后调pH至4.5–6.0, 在60–80 °C条件下反应制得NaFeEDTA, 反应式如下:



**改进合成路线2:** 在90–100 °C条件下, 将Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Y溶于水, 将Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>和EDTA与Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Y水溶液反应得到NaFeEDTA<sup>[11]</sup>。该法无其他无机盐副产物, 无需洗脱除杂。反应式如下:



其他可行路线(部分)汇总如表1。

表1 其他可行路线(部分)

实验方案	合成路线	备注
方案1	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8 + 5\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 (\text{g})$	专利(CN 103880692 A) [12]
方案2	$2\text{NaOH} + 2\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightleftharpoons 2\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8 + 5\text{H}_2\text{O}$	专利(CN 106866441 A) [9]
方案3	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{CO}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$ $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} + \text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8 \rightleftharpoons \text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8 + 4\text{H}_2\text{O}$	专利(CN 105294469 A) [10]
方案4	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8 + \text{NaOH} + \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons \text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8 + 4\text{H}_2\text{O}$	
方案5	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{FeCO}_3 (\text{s}) + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ $4\text{FeCO}_3 + 4\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 + 4\text{CO}_2 (\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}$ $2\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \rightleftharpoons 2\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8 + 2\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	
方案6	$\text{FeSO}_4 + \text{NH}_4\text{HCO}_3 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{FeCO}_3 (\text{s}) + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $4\text{FeCO}_3 + 4\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 + 4\text{CO}_2 (\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}$ $2\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \rightleftharpoons 2\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8 + 2\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	
方案7	$\text{FeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8 + 4\text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons \text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8 + 3\text{NaCl} + 11\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2 (\text{g})$	
方案8	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8 + 2\text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons 2\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8 + 5\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 (\text{g})$	
方案9	$3\text{NaOH} + \text{FeCl}_3 \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl}$ $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons \text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{NaOH}$	

### 2.3 试剂和仪器

EDTA (s)、 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (s)、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (s)、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (s)、 $\text{FeCl}_3$  (s)、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (s)、NaOH (s)、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (s)、 $\text{NaHCO}_3$  (s)、去离子水、 $\text{KMnO}_4$ 标准溶液( $0.02000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ - $\text{H}_3\text{PO}_4$ 混酸(70 mL去离子水, 10 mL浓 $\text{H}_3\text{PO}_4$ , 15 mL浓 $\text{H}_2\text{SO}_4$ )、锌粉。所用试剂均为分析纯, 均为国药集团药业股份有限公司生产。

**仪器:** 电子天平、集热式恒温水浴磁力搅拌器(DF-101S)、集热式恒温磁力搅拌器(MS-H-S10)、生物偏光显微镜(N-107)、真空泵、烘箱、XRD衍射仪(6100)、傅立叶红外光谱仪(Nicolet-5700)、酒精灯、烧杯(150 mL, 4个)、量筒(10 mL、50 mL)、容量瓶(250 mL)、锥形瓶(250 mL, 3个)、搅拌子、蒸发皿、表面皿、泥三角、布氏漏斗、吸滤瓶、点滴板、pH试纸、试管、滴管、玻璃棒。

### 2.4 实验内容

#### 2.4.1 NaFeEDTA的制备

改进路线1: 以 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 和EDTA为原料。

称取4.38 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 加入到150 mL烧杯中, 倒入9 mL去离子水, 加热至40–50 °C, 搅拌溶解。再称取1.31 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 在搅拌状态下缓慢添加到 $\text{FeSO}_4$ 溶液中。量取7 mL  $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液(30%), 在搅拌状态下逐滴加入浑浊液体中。将反应液过滤, 滤饼用去离子水洗涤2–3次, 利用 $\text{BaCl}_2$ 溶液检验, 至无硫酸根离子为止。将滤饼取出, 得到高活性 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 反应原料。在150 mL烧杯中加去离子水30 mL, 将4.10 g EDTA和0.56 g NaOH缓慢加入其中, 在搅拌下加入上述制得的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , 调节pH为4.5–6.0, 于60–80 °C反应30 min, 减压过滤, 将滤液加热浓缩至原体积1/3, 冷却结晶, 在50 °C烘箱中烘干, 得到土黄色高纯NaFeEDTA晶体。

改进路线2: 以 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 和EDTA为原料。

称取3.8 g  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 放入150 mL烧杯中, 用25 mL去离子水溶解。向制得的 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ 溶液中加入2.3 g  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 和6.8 g EDTA, 于90–100 °C反应40 min, 减压过滤, 将滤液加热浓缩至原体积1/3, 冷却结晶, 在50 °C烘箱中烘干, 得到土黄色高纯NaFeEDTA晶体。

#### 自主设计路线

针对学生能力的差异性, 设计必做+选做的层次化实验内容。不能进行自主设计的学生完成必做内容, 即选择2种改进路线中的一种进行操作, 学有余力的同学在完成必做内容的同时, 可以自主设计一条路线作为选做内容。课前在预研环节中教师利用课程QQ群发布设计任务, 给定可选试剂和仪

器设备。各小组自主设计实验方案,在进行方案设计时需结合制药工艺实现的现实性、中间体纯化的难易性、产品质量的可控性、实验条件的苛刻性、工艺过程的环保性、安全性及经济性进行设计与选择。各小组与指导教师进行线上或线下讨论,将课前自主设计制备方案进行可行性改进后于课上实施,部分可行性方案如表1。

### 2.4.2 NaFeEDTA表征与纯度分析

#### (1) XRD表征。

Cu  $K_{\alpha}$ 射线( $\lambda = 0.154056$  nm),工作电压35 kV,工作电流60 mA,在 $3^{\circ}$ – $80^{\circ}$ 的衍射角范围内对EDTA、 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ 和产物进行XRD测试。

#### (2) 红外光谱法表征。

利用傅立叶红外光谱仪(Nicolet-5700)进行红外表征。采用KBr压片法,在 $400$ – $4000$   $\text{cm}^{-1}$ 范围测定 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ 及产物的红外光谱,检测–OH、–COOH等官能团的特征吸收峰。

#### (3) 产物纯度分析。

采用高锰酸钾滴定法测定产物中铁的含量。将1 g左右产物放入150 mL烧杯,加入20 mL去离子水和5 mL硫酸( $3$   $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ),搅拌溶解后,加入1 g锌粉,加热反应30 min,过滤。将得到的无色溶液用250 mL容量瓶定容。快速移取25 mL溶液至250 mL锥形瓶中,加入10 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$ – $\text{H}_3\text{PO}_4$ 混酸以掩蔽生成的 $\text{Fe}^{3+}$ 的黄色,用 $\text{KMnO}_4$ 标准溶液( $0.02000$   $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )平行滴定3次,计算含铁量。

## 3 结果与讨论

### 3.1 生物偏光显微镜分析

取产物晶膜,通过生物偏光显微镜观察晶体形貌。两种改进方案得到的产物均为块状晶体,在偏光显微镜下都能观察到瑰丽色彩(图1(a), 1(b)),展现出化学之美。

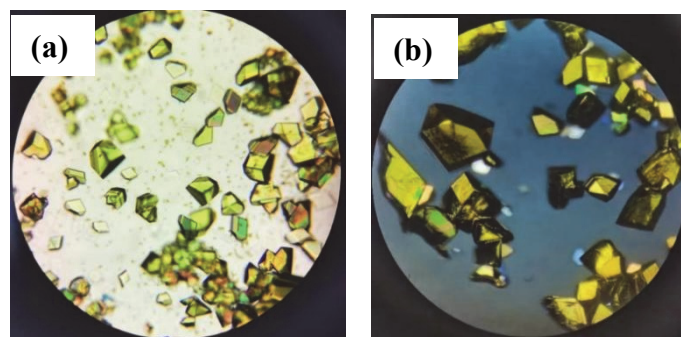


图1 不同方案制备得到的NaFeEDTA晶膜的生物偏光显微镜表征图(40X)

(a) 路线1产物晶膜; (b) 路线2产物晶膜

### 3.2 XRD图谱分析

在 $3^{\circ}$ – $80^{\circ}$ 衍射角范围内对两种改进路线产物进行了XRD测试,结果如图2所示。与原料EDTA、 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ 的粉末衍射图谱相比较(图2(a)、图2(b)),发现EDTA和 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ 位于 $22.3^{\circ}$ 处的强峰均消失,两种改进路线的产物均在 $12.0^{\circ}$ 、 $16.1^{\circ}$ 出现新峰,同时强度不是各自原料峰的叠加(图2(c)、图2(d))。这表明新配合物生成完全改变了原来组分的晶体结构,而非原料的混合物,从而确定了两种改进路线均成功制备了NaFeEDTA,此结果与文献报道结果一致<sup>[3,4]</sup>。

### 3.3 红外光谱分析

在 $400$ – $4000$   $\text{cm}^{-1}$ 范围测定了 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ 和两种参考制备方案产物NaFeEDTA的红外光谱,结果如图3所示。 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ 中羰基的伸缩振动峰在 $1648$   $\text{cm}^{-1}$ 处,而在NaFeEDTA中羰基的伸缩振动峰位于 $1496$   $\text{cm}^{-1}$

处。振动吸收峰的改变是由于羰基中的氧与铁发生了配位，导致羰基的伸缩振动力常数减小，因此配合物中羰基的吸收峰发生蓝移。 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ 中C—N键的伸缩振动峰在 $1363\text{ cm}^{-1}$ 处，而在 $\text{NaFeEDTA}$ 中羰基的伸缩振动峰位于 $1205\text{ cm}^{-1}$ 处，这是由于氮原子的孤对电子对铁原子的贡献导致C—N键偶极性增加的缘故。在 $3348\text{ cm}^{-1}$ 处的羟基吸收峰变宽，说明有游离羟基存在，表明分子中含有结晶水。红外表征结果与文献报道结果一致<sup>[3,13,14]</sup>。红外分析结果进一步表明两种制备路线均成功制备了 $\text{NaFeEDTA}$ 水合物。

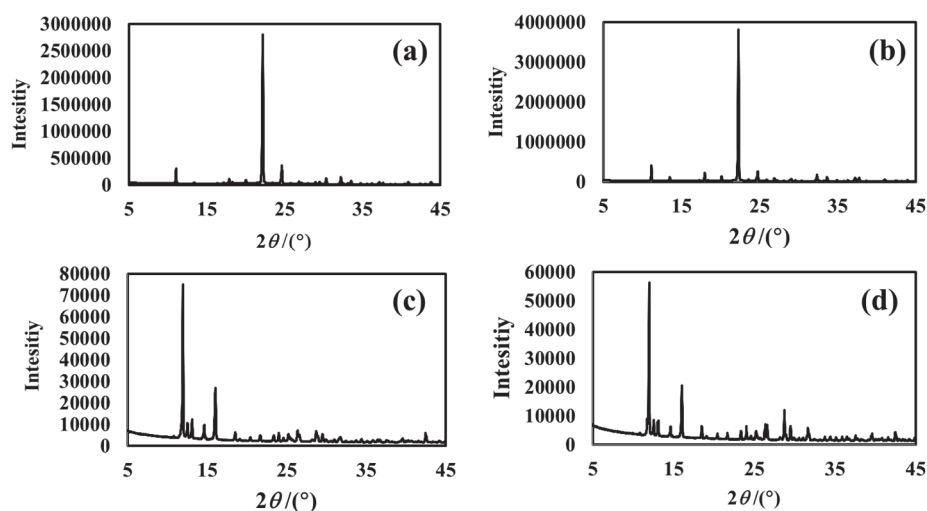


图2 原料及产物XRD谱图

(a) EDTA; (b)  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ ; (c) 改进路线1产物; (d) 改进路线2产物

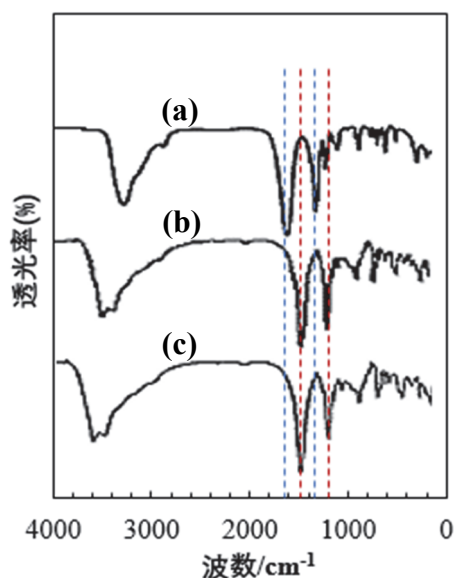


图3 原料及产物红外吸收光谱图

(a)  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ ; (b) 改进路线1产物; (c) 改进路线2产物

### 3.4 产率和纯度分析

对比2种改进路线与其他9种路线产物颜色(图4(a))，观察到2种改进路线产物均为土黄色(图

4(b)), 与市售试剂性状相同; 而其他9种路线产物颜色从淡黄色到深棕色不一, 说明其他路线的产物不同程度地含有杂质。2种改进路线的平均产率分别为78.6% ( $n = 9$ )和76.3% ( $n = 9$ ), 其他路线的产率为40.3%–70.8%, 结果表明2种改进路线的产率都较高。



图4 不同工艺制备得到的产物

(a) 其他9种路线产物; (b) 2种改进路线产物

采用高锰酸钾滴定法对2种改进路线产物的含铁量进行检测, 纯度分别为99.25% ( $n = 5$ )和99.38% ( $n = 5$ ), 而传统方案的纯度仅为68.35%, 结果表明2种改进路线均制备得到了高纯产物。

由于不同制备方案的产物形貌、性状、产率、纯度不同, 学生可以开展组内及组间讨论, 对比探讨设计方案, 分析各自方案优缺点及产生差异性的原因, 因此本设计性实验项目具有很强的设计性和探究性。

#### 4 实验教学安排

本项目依据药物制备工艺流程, 层次化、模块化设置了集方案设计与选择、材料制备、结构表征和纯度分析于一体的全链条实验内容。各高校可根据实验室条件、学时要求、培养目标选择模块组合方式, 开设4至10学时实验。具体学时分配如下:

材料制备4学时, 纯度分析2学时, 产物显微镜表征和XRD表征2学时, 红外表征2学时。

#### 5 结语

本实验改进将传统实验改成设计性、综合性实验项目, 对NaFeEDTA工艺制备的专利方法进行改进和优化, 建立了2种NaFeEDTA制备的改进方法<sup>[10,11]</sup>, 拓增了结构表征、纯度分析和片剂制备等内容。学生将自主设计的实验方案进行实践, 并与参考改进方案进行对比。改进后实验项目具备以下优势: 制备的NaFeEDTA是晶体, 易于过滤和分离, 无副产物生成, 可获取高纯产品; 用生物偏光显微镜可观察到晶体的瑰丽形貌, 极具化学之美; 对操作技能的培养全面, 涉及称量、溶解、加热、蒸发、浓缩、结晶、过滤、沉淀洗涤等操作; 产物可通过红外光谱法以及X射线衍射光谱等进行表征和鉴定; 试剂价格低廉、条件温和, 实验安全, 制备时间短, 易实施, 适于开设为本科生实验, 推广性和普及性好; 实验教学引入多个生产专利内容, 将书本知识与生产实际紧密联系, 可培养学生方案设计能力、探究思辨能力和创新能力, 提升解决实际问题能力和科学素养。

本实验项目经过2轮教学实践检验, 取得非常好的实验教学效果, 学生探究兴趣浓厚, 80%的学生能够设计出可行性实验方案, 学生获得了学习成就感。调查问卷结果表明90%的学生认为实验能够提升方案设计能力, 科研素养得到提高。教学实践表明: NaFeEDTA制备实验项目能够将理论知识与实际生产紧密衔接, 可设计多种制备及分析检测方案, 可设计性强; 能够引入多种专利方法, 能激发学生自主探究兴趣, 能培养学生综合运用理论知识和实验技能解决实际问题的能力, 提升科研素养, 增强专业自信。该实验项目可层次化、模块化设置实验内容, 实验成本低廉, 反应条件温和, 实验安全环保, 制备成功率高, 可获得高纯度产物, 可行性和推广性好, 可为各高校无机化学实验、综合化学实验等提供参考范例。

参 考 文 献

- [1] 仇国苏. 化学教育, **2006**, No. 5, 4.
- [2] 苏文斌, 兰瑞家. 食品科学, **2008**, 29 (6), 308.
- [3] 张志鹏, 孙建科, 蒋琪英, 钟国清. 精细化工, **2008**, 25 (8), 775.
- [4] 蔡自由, 钟国清. 化学世界, **2009**, No. 12, 721.
- [5] 窦建芝. 天津化工, **2014**, 28 (5), 31.
- [6] 韩瑞亭, 潘洪春, 张春风, 黄瑞海, 付江明, 卢岩. 一种乙二胺四乙酸铁钠及制品的制备方法: 中国, CN 114671774.A[P]. 2022-06-28.
- [7] 陈礼宝, 谷帅, 李培杰, 刘凤莉, 李良玉, 张辉艳. 一种乙二胺四乙酸铁钠的制备方法: 中国, CN 115894266.A[P]. 2023-04-04.
- [8] 许中敏, 刘斌斌, 侯晟. 一种乙二胺四乙酸铁钠的生产方法: 中国, CN 109651180.A[P]. 2021-07-30.
- [9] 秦汉超. 一种高纯级乙二胺四乙酸铁钠的制备方法: 中国, CN 106866441.A[P]. 2016-08-30.
- [10] 石称华, 连晓敏, 周芳, 钱志红. 一种乙二胺四乙酸铁钠的制备方法: 中国, CN 105294469.A[P]. 2015-11-24.
- [11] 许中敏, 鲍小丹, 常欣, 赵晓娟. 一种环境友好型乙二胺四乙酸铁钠产品的制备方法: 中国, CN 104177270.A[P]. 2014-12-03.
- [12] 潘欣, 帅玉英, 黄海娟, 刘忠士, 溪海燕. 铁质食品营养强化剂乙二胺四乙酸铁钠的生产方法: 中国, CN 103880692.A[P]. 2014-06-25.
- [13] 安涛, 闫雪瑾, 李国庭. 中国调味品, **2013**, 38 (5), 35.
- [14] 崔淼, 王春燕, 胡涛, 宿艳, 王秀云. 实验室科学, **2023**, 26 (1), 19.