

一个催化氧化四甲基联苯胺荧光测定超痕量铁的新方法

李 丹, 梁爱惠*, 蒋治良*

广西师范大学珍稀濒危动植物生态与环境保护教育部重点实验室, 广西 桂林 541004

摘 要 铁是一种必需的微量元素,它在生命过程中起着重要的作用,但是摄入过多的三价铁会使机体的载氧能力下降,引起不稳定血红蛋白病以及高铁血红蛋白症等疾病。无论是从人类健康还是环境保护角度出发,探究简便、快速、灵敏度高和选择性好的检测 Fe(III)的分析新方法很有意义。荧光分析是一种优异的分子光谱分析方法,具有灵敏度高、选择性强、操作简单等特点,在重金属离子的检测方面也取得了较好的进展,目前利用荧光法测定 Fe³⁺也有报道,但有的灵敏度不高,有的选择性不好,有的试剂毒性较大。报道了一种简单、快速、灵敏检测 Fe(III)的四甲基联苯胺(TMB)荧光分析新方法。在 pH 4.5 Tris-HCl 缓冲液及 35 °C 水浴条件下, H₂O₂ 氧化无毒易得的四甲基联苯胺(TMB)这一反应较慢;当有痕量 Fe(III)存在时,它催化过氧化氢(H₂O₂)氧化 TMB 生成具有较强荧光活性的 TMB 氧化产物(TMB_{ox}),用激发波长 280 nm 激发, TMB_{ox} 在 405 nm 处有一个较强的荧光峰,且在一定的范围内,随着 Fe(III)浓度的增大,其荧光强度线性增强。采用单变量变换法优化了荧光分析条件,选择 Tris-HCl 缓冲溶液的 pH 为 4.5,其浓度为 3.3 × 10⁻⁴ mol · L⁻¹, TMB 浓度为 3.0 × 10⁻⁵ mol · L⁻¹, H₂O₂ 浓度为 6.0 × 10⁻⁶ mol · L⁻¹,在 35 °C 条件下反应 35 min。在选定条件下, Fe³⁺ 浓度在 0.027~400 nmol · L⁻¹ 范围内,随着 Fe³⁺ 浓度的增大,体系在 405 nm 处的荧光信号线性增强,其线性方程为 $\Delta F_{405\text{ nm}} = 2.31c + 5.0$,线性相关系数 R^2 为 0.985,其检出限为 0.008 nmol · L⁻¹。考察了共存物质对测定 200 nmol · L⁻¹ Fe(III)的影响。结果表明,当相对误差在 ±10% 之内,20 μmol · L⁻¹ 的 HCO₃⁻, K⁺, SO₄²⁻, NH₄⁺, Mn²⁺, Na⁺, Cu²⁺, Al³⁺, Zn²⁺, F⁻, Mg²⁺, Ba²⁺, Ca²⁺, Co²⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, 10 μmol · L⁻¹ 的 CO₃²⁻, Cr⁶⁺, 2 μmol · L⁻¹ 的 Hg²⁺, BSA 不干扰测定。表明该法具有较好的选择性。据此,建立了一个简单、快速、灵敏高、选择性高的测定 Fe(III)的荧光分析新方法。按以下步骤制备了乳制品的样品溶液,准确吸取 1.4 mL 乳制品加入 600 μL 乙酸(V/V=3%),于 10 000 r · min⁻¹ 下离心 3 min,然后吸取离心上清液 1 mL 加入 48 μL 2.5 mol · L⁻¹ NaOH 定容至 2 mL,于 10 000 r · min⁻¹ 下离心 3 min,最后吸取 1 mL 上清液稀释至 5 mL 得到样品溶液。然后采用该催化荧光分析新方法测定了牛奶样品中 Fe(III)含量,结果令人满意,其相对标准偏差为 0.29%~0.41%,回收率为 94.6%~108.0%。

关键词 铁离子; 催化; 3,3',5,5'-四甲基联苯胺; 荧光

中图分类号: O657.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)10-3066-05

引 言

铁是一种必需的微量元素,它在生命过程中起着重要的作用,但是摄入过多的三价铁会使机体的载氧能力下降,引起不稳定血红蛋白病以及高铁血红蛋白症等疾病^[1]。因此,定量测定 Fe(III)的浓度越来越受到重视。目前测定 Fe³⁺的方法主要有荧光法、比色法、原子吸收法等^[2-7]。原子吸收法

选择性好,但仪器价格较贵。Alikhani^[5]等以 4,5-二羟基-1,3-苯二磺酸为络合剂与 Fe³⁺ 生成络合物,利用分散液微萃取技术进行萃取,用原子吸收光谱可检测 3.5 × 10⁻⁷~5.4 × 10⁻⁶ mol · L⁻¹ Fe³⁺。光度法具有仪器价廉、简便等特点,但灵敏度不高。Buduru^[6]等以草氨酸(OA)和对氨基苯甲酸(PABA)功能化的金纳米粒子(OAPABA-AuNPs)作为探针,比色法检测 1.0 × 10⁻⁵~4.0 × 10⁻⁴ mol · L⁻¹ Fe³⁺。Chen^[8]等合成掺硼石墨烯量子点(BGQDs)作为荧光探针,利用荧光

收稿日期: 2018-09-08, 修订日期: 2019-01-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(21465006, 21477025, 21467001)资助

作者简介: 李 丹, 1996 年生, 广西师范大学环境与资源学院硕士研究生 e-mail: 244108362@qq.com

* 通讯联系人 e-mail: zlijiang@mailbox.gxnu.edu.cn; ahljiang2008@163.com

法检测 $1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Fe}^{3+}$ 。Mauro^[9]等基于六氰合铁酸钨制备碳纤维微电极,利用安培法定量测定 $1.0 \times 10^{-5} \sim 2.1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Fe}^{3+}$ 。

荧光分析是一种分子光谱分析方法,具有灵敏度高、选择性强、操作简单等特点^[10],在重金属离子的检测方面也取得了较大的进展。Hu^[11]等利用水热法合成新型层状二硫化钼(MoS_2)纳米片用于催化 H_2O_2 氧化邻苯二胺(OPD)生成高荧光物质 2-氨基-3-羟基吩嗪(DAPN),在 Fe^{2+} 存在下 MoS_2 纳米片的催化活性大大增强,据此建立了一个荧光法检测 Fe^{2+} 的方法,其检测范围是 $5.0 \times 10^{-9} \sim 2.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,检出限为 $3.5 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。目前利用荧光法测定 Fe^{3+} 已经较为成熟,但是未见利用催化氧化 TMB 荧光法测定 Fe^{3+} 的报道。Xu^[12]等利用水热法合成铜碳点(Cu-CDs)用作荧光探针,据此建立了一个荧光法测定 Fe^{3+} 的方法,其检测范围是 $1.0 \times 10^{-9} \sim 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,检出限为 $1.0 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。Zhao^[13]等开发了一种灵敏的荧光化学传感器 Tyloxapol(水溶性荧光低聚物)对 Fe^{3+} 进行检测,该法表现出了较高的灵敏度和选择性,其检测范围是 $0 \sim 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,检出限为 $2.2 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。3,3',5,5'-四甲基联苯胺(TMB)是一种常用的氧化还原显色剂,已用于光度分析^[14]。用 TMB 可做检测 Fe(III) 的显色剂^[15],其线性范围为 $1.0 \times 10^{-7} \sim 1.5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,检出限为 $5.5 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。目前,虽有荧光法检测铁的报道,但大多是利用荧光猝灭作用,尚未见基于痕量 Fe(III) 催化氧化 TMB 生成荧光产物 TMB_{ox} ,用来检测 Fe(III) 的荧光法报道。本文利用 TMB_{ox} 这一新的荧光反应,建立了检测牛奶中 Fe(III) 的荧光新方法,具有试剂易得、无毒、简单、快速、选择性好、灵敏度高等优点。

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

日立 F-7000 荧光分光光度计(日立高新技术公司);HH-S2 电热恒温水浴锅(金坛市大地自动化仪器厂);SYZ-550 型石英亚沸蒸馏水器(江苏晶玻仪器厂);pH 计(梅特勒-托利多仪器上海有限公司)。 $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氯化铁(广东汕

头市西陇化工厂)储备液; $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 3,3',5,5'-四甲基联苯胺(TMB, 储存: $2 \sim 8 \text{ }^\circ\text{C}$, T81849 3~5 g, CAS: 54827-17-7, 上海麦克林生化科技有限公司);称取 0.012 g 四甲基联苯胺,溶于 100 mL 乙醇溶液(乙醇:水=1:1)中。 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{O}_2$ 配制:取 100 μL 30% H_2O_2 于 10 mL 离心管,用水定容至 10 mL,浓度为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,使用时用水逐级稀释至 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。pH 4.5 Tris-HCl 缓冲液:10 mL 离心管中加入 500 μL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Tris 溶液与 505 μL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液,充分混合,随后定容至 10 mL。溶液所用试剂均为分析纯级,实验用水为亚沸水。

牛奶样品的处理:自某大型超市购得三种不同的奶样品,准确吸取 1.4 mL 三种乳制品加入 600 μL 乙酸($V/V=3\%$),于 $10\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 下离心 3 min,然后吸取离心上清液 1 mL 加入 48 μL NaOH($2.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)定容至 2 mL 于 $10\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 下离心 3 min,最后吸取 1 mL 上清液稀释至 5 mL 得到样品检测液^[16]。

1.2 方法

在 5.0 mL 的刻度试管中,依次移取 90 μL $5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TMB, 100 μL $5.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (浓度以 HCl 计) Tris-HCl 缓冲液, 90 μL $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{O}_2$ 溶液,一定浓度的 FeCl_3 溶液,定容至 1.5 mL,混匀。 $35 \text{ }^\circ\text{C}$ 下水浴 35 min 后,冰水冷却至室温。取溶液于石英皿内,在 $\text{voltage} = 350 \text{ V}$, $\text{excited slit} = \text{emission slit} = 5 \text{ nm}$, $\text{excitation wavelength} = 280 \text{ nm}$ 条件下,用荧光分光光度计扫描,获得荧光光谱;不加 Fe^{3+} 做空白,测定其荧光峰值为 $(F_{405 \text{ nm}})_0$, 计算 $\Delta F = F_{405 \text{ nm}} - (F_{405 \text{ nm}})_0$ 。

2 结果与讨论

在 pH 4.5 Tris-HCl 缓冲溶液条件下, Fe(III) 对 $\text{H}_2\text{O}_2/\text{TMB}$ 生成 TMB 氧化产物 TMB_{ox} 的反应具有较强的催化作用。TMB 的氧化产物 TMB_{ox} 具有荧光效应,在一定的范围内,随着 Fe(III) 浓度的增大,生成的 TMB_{ox} 越多,溶液颜色由无色变为浅蓝色,405 nm 处的荧光峰线性增强。据此可以建立一个荧光测定 Fe(III) 的新方法(图 1)。

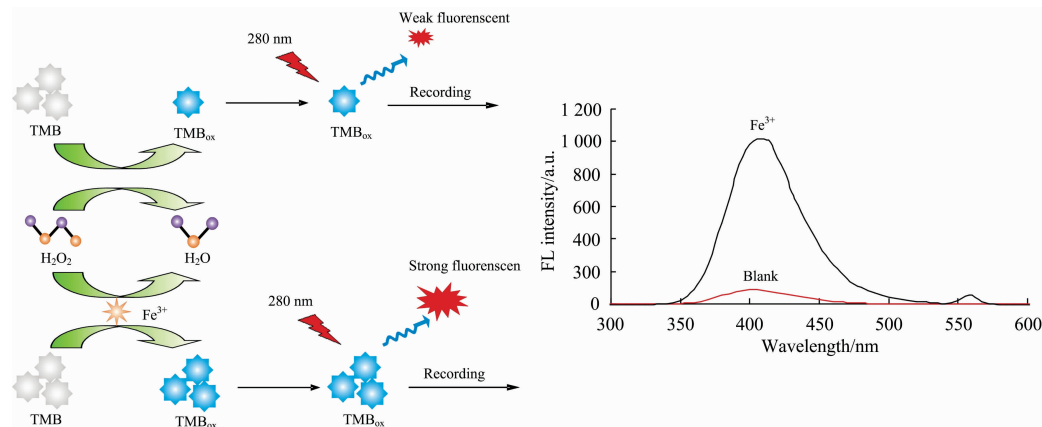


图 1 催化荧光测定 Fe^{3+} 的分析原理

Fig. 1 Scheme of catalytic fluorescence detection of Fe^{3+}

2.1 荧光光谱

荧光分光光度计电压为 350 V, 狭缝为 5.0 nm, 固定荧光波长为 405 nm, 激发波长从 200~700 nm 扫描获得激发光谱。TMB_{ox} 分别在 240 和 280 nm 处产生 2 个激发光谱峰, 且随着 Fe(III) 浓度升高, 其激发光谱信号逐渐增强。当选用 280 nm 为激发波长时, 体系的 405 nm 处的荧光信号最强, 故选择 280 nm 作为激发波长。按实验方法进行 Fe(III) 检测, 在一定的范围内, 随着 Fe(III) 浓度增大, 体系荧光信号线性增强(图 2)。

2.2 条件优化

考察了 Tris-HCl 缓冲溶液 pH 对体系荧光信号的影响。实验结果表明, 选择 Tris-HCl 溶液的 pH 为 4.5, 其 ΔF 最大。实验考察了 Tris-HCl 缓冲溶液浓度对体系 ΔF 的影响, 当 Tris-HCl 溶液浓度为 $3.3 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, ΔF 最大, 故选用 Tris-HCl 溶液浓度为 $3.3 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。实验考察了 TMB 浓度对体系 ΔF 的影响, 当 TMB 浓度为 $3.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, ΔF 最大, 故选用 TMB 浓度为 $3.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。实验考察了 H₂O₂ 浓度对体系 ΔF 的影响, 当 H₂O₂ 浓度为 $6.0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, ΔF 最大, 故选用 H₂O₂ 浓度为 $6.0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。实验考察了反应温度对体系 ΔF 的影响, 当反应温度为 35 °C 时, ΔF 最大, 故选择 35 °C 作为体系反应温度。实验考察了反应时间对体系 ΔF 的

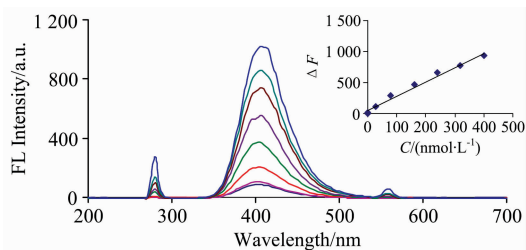


图 2 TMB-Fe³⁺-Tris-HCl-H₂O₂ 体系荧光光谱

Fe³⁺ 浓度分别是 $0, 2.7 \times 10^{-11}, 2.8 \times 10^{-8}, 8.0 \times 10^{-8}, 1.6 \times 10^{-7}, 2.4 \times 10^{-7}, 3.2 \times 10^{-7}, 4.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Fig. 2 Fluorescence spectra of the TMB-Fe³⁺-Tris-HCl-H₂O₂ system

The Fe³⁺ concentrations are $0, 2.7 \times 10^{-11}, 2.8 \times 10^{-8}, 8.0 \times 10^{-8}, 1.6 \times 10^{-7}, 2.4 \times 10^{-7}, 3.2 \times 10^{-7}$ and $4.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ respectively

影响, 结果表明, 当水浴时间为 35 min 时 ΔF 达到最大, 故选用 35 min 作为反应时间。

2.3 工作曲线

按照实验方法绘制了体系的工作曲线。随着 Fe³⁺ 浓度的增加, 生成的 TMB_{ox} 越多, 体系的 ΔF 值线性增大, 在 $0.027 \sim 400 \text{ nmol} \cdot \text{L}^{-1}$ Fe³⁺ 浓度范围内, $F_{405 \text{ nm}}$ 处的荧光强度变化 ΔF 与 Fe³⁺ 浓度呈良好的线性关系, 线性方程为 $\Delta F_{405 \text{ nm}} = 2.31c + 5.0$, 线性相关系数 R^2 为 0.985, 检出限 (3σ) 为 $0.008 \text{ nmol} \cdot \text{L}^{-1}$ Fe³⁺。

2.4 共存物质的影响

按实验方法, 考察了常见共存的物质对 TMB-Fe³⁺-Tris-HCl-H₂O₂ 体系荧光测定 $0.2 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Fe(III) 的干扰情况。表 1 表明, 当相对误差在 $\pm 10\%$ 内, 100 倍的 HCO₃⁻, K⁺, SO₄²⁻, NH₄⁺, Mn²⁺, Na⁺, Cu²⁺, Al³⁺, Zn²⁺, F⁻, Mg²⁺, Ba²⁺, Ca²⁺, Co²⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, 50 倍的 CO₃²⁻, Cr⁶⁺, 10 倍的 Hg²⁺, BSA 不干扰测定。说明该法具有较好的选择性。

表 1 干扰离子对荧光体系的影响

Table 1 Effect of interfering ions on fluorescence system

干扰离子	相对倍数	相对误差/%	干扰离子	相对倍数	相对误差/%
HCO ₃ ⁻	10	0.97	Al ³⁺	100	6.1
K ⁺	100	2.6	Zn ²⁺	100	7.2
SO ₄ ²⁻	100	-1.7	F ⁻	100	1.5
CO ₃ ²⁻	10	-7.2	Mg ²⁺	100	0.91
NH ₄ ⁺	100	3.2	Cr ⁶⁺	10	6.5
Mn ²⁺	100	2.7	Ba ²⁺	100	-5.5
Na ⁺	100	5.9	Ca ²⁺	100	-3.6
Hg ²⁺	100	4.8	Co ²⁺	100	-0.85
Cu ²⁺	100	1.1	NO ₃ ⁻	100	-5.2
BSA	100	4.3	NO ₂ ⁻	100	2.4

2.5 样品分析

奶样品购自某大型超市, 样品处理见 1.1 节, 以不加样品检测液为空白, 按实验方法对 Fe³⁺ 浓度进行检测, 结果见表 2。相对标准偏差在 0.29%~0.41% 之间, 回收率在 95%~105% 之间。

表 2 样品分析结果

Table 2 Samples analysis results

Sample	Measured value (nmol · L ⁻¹ Fe ³⁺)	Average (nmol · L ⁻¹ Fe ³⁺)	Added Fe ³⁺ (nmol · L ⁻¹ Fe ³⁺)	Found Fe ³⁺ (nmol · L ⁻¹ Fe ³⁺)	Recovery /%	RSD /%	Fe ³⁺ content (mg · L ⁻¹ Fe ³⁺)	Ref results (mg · L ⁻¹ Fe ³⁺)
Breakfast milk	31.2, 30.9, 31.1, 30.7, 30.4	30.9	30	58.5	95	0.3	9.3	10
AD calcium milk	1.5, 0.7, 0.9, 1.7, 0.6	1.1	1.0	2.08	98	0.4	0.3	—
Iron zinc milk	42.7, 42.0, 41.7, 42.2, 42.4	42.2	40	82	105	0.3	12.7	15

3 结 论

在 pH 4.5 的 Tris-HCl 缓冲溶液下, Fe^{3+} 催化氧化 3, 3',5,5'-四甲基联苯胺 (TMB) 生成的氧化产物具有荧光效

应。在选定的条件下, Fe^{3+} 浓度与荧光强度之间存在良好的线性关系, 据此建立了灵敏、简便、快速检测 0.027~400 $\text{nmol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Fe}(\text{III})$ 的荧光分析方法。该法用于测定牛奶样品中 Fe^{3+} 含量, 结果令人满意。

References

- [1] Bai Z, Ren X, Gong Z, et al. Chinese Chem. Lett., 2017, 28: 1901.
- [2] Guo R, Zhou S, Li Y, et al. ACS Appl. Mater. Inter., 2015, 7: 23958.
- [3] Wang B, Yang Q, Guo C, et al. ACS Appl. Mater. Inter., 2017, 9: 10286.
- [4] Li S, Li Y, Cao J, et al. Anal. Chem., 2014, 86: 10201.
- [5] Alikhani A, Eftekhari M, Chamsaz M, et al. J. Food Meas. Charact., 2018, 12: 573.
- [6] Buduru P, Sundara S R B C. Sensor Actuat B-Chem., 2016, 237: 935.
- [7] Khan N, Choi J Y, Nho E Y, et al. Anal. Lett., 2014, 47: 1606.
- [8] Chen L, Wu C, Feng X, et al. Talanta, 2017, 164: 100.
- [9] Roselyn C P, Ana P R d S, Mauro B. J. Electroanal Chem., 2014, 731: 49.
- [10] GONG Ai-qin, JIN Dang-qin, ZHU Xia-shi(龚爱琴, 金党琴, 朱霞石). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2018, 38(1): 157.
- [11] Hu J, Zhuang Q, Wang Y, et al. Analyst, 2016, 141: 1822.
- [12] Xu Q, Wei J, Wang J, et al. RSC Adv., 2016, 6: 28745.
- [13] Zhao L, Xin X, Ding P, et al. Anal. Chim. Acta, 2016, 926: 99.
- [14] Lu H, Li J, Zhang M, et al. Sensor Actuat B-Chem, 2017, 244: 77.
- [15] Zhang L, Du J. Spectrochim Acta A, 2016, 158: 24.
- [16] Liang A, Wang H, Jiang Z, et al. Food Chem., 2019, 271: 39.

Fluorescence Detection of Ultratrace Fe^{3+} Ions Based on Its Catalysis of the New Indicator Reaction between TMB and H_2O_2

LI Dan, LIANG Ai-hui*, JIANG Zhi-liang*

Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection(Guangxi Normal University)Ministry of Education, Guilin 541004, China

Abstract Iron is an essential trace element, which plays an important role in the life process, but excessive intake of ferric iron will reduce the oxygen carrying capacity of the body, causing unstable hemoglobin disease and methemoglobinosis. Whether from the point of view of human health or environmental protection, it is of great significance to explore a simple, rapid, sensitive and selective method for the determination of $\text{Fe}(\text{III})$. Fluorescence analysis is an excellent method of molecular spectroscopy. It has the characteristics of high sensitivity, good selectivity and simple operation. It has also made good progress in the detection of heavy metal ions. At present, the determination of Fe^{3+} by fluorescence method has been reported, but some of them have low sensitivity, poor selectivity and toxicity of organic reagent. In this article, a simple, rapid and sensitive fluorescence method for the determination of $\text{Fe}(\text{III})$ has been developed, using tetramethylbenzidine (TMB) fluorescence reagent. In pH 4.5 Tris-HCl buffer solution at 35 °C, the reaction of H_2O_2 -TMB was slow. When $\text{Fe}(\text{III})$ was added, it catalyzed strongly H_2O_2 oxidization of TMB to form strong oxidized product TMB_{ox} with strong fluorescence. Using excited wavelength of 280 nm, TMB_{ox} exhibited a strong fluorescence peak at 405 nm, and the fluorescence intensity increased linearly with the increase of $\text{Fe}(\text{III})$ concentration in a certain range. The fluorescence analysis conditions were optimized by univariate transformation. The pH of Tris-HCl buffer solution was 4.5, its concentration was $3.3 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, the concentration of TMB was $3.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, the concentration of H_2O_2 was $6.0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, and the reaction time was 35 min at 35 °C. Under the selected conditions, the fluorescence signal of the system increased linearly at 405 nm with the increase of Fe^{3+} concentration in the range of 0.027~400 $\text{nmol} \cdot \text{L}^{-1}$. The linear equation is $F_{405 \text{ nm}} = 2.31c + 50.0$, the linear correlation coefficient R^2 is 0.985, and the detection limit is 0.008 $\text{nmol} \cdot \text{L}^{-1}$. According to the procedure, the influence of coexistent substances on the determination of 200 $\text{nmol} \cdot \text{L}^{-1}$

Fe^{3+} was tested, with a relative error of $\pm 10\%$. Results indicated that 100 times HCO_3^- , K^+ , SO_4^{2-} , NH_4^+ , Mn^{2+} , Na^+ , Cu^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , F^- , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Co^{2+} , NO_3^- , NO_2^- , 50 times CO_3^{2-} , Cr^{6+} , 10 times Hg^{2+} , BSA did not interfere with the determination. It showed that this Fluorescence method had good selectivity. Thus, a simple, rapid, sensitive and highly selective fluorescence method for the determination of Fe(III) was developed. Sample solution of dairy products was prepared by the following steps; accurately absorb 1.4 mL dairy products with 600 L acetic acid ($V/V=3\%$), centrifugated for 3 min at $10\ 000\ \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$, then took the centrifugal supernatant 1 mL with $48\ \text{L}\ 2.5\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH, mixed well, centrifugated for 3 min at $10\ 000\ \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$, and finally piped 1 mL the supernatant, and diluted to 5 mL to get the sample solution. Then the new catalytic fluorescence method was used to determine the content of Fe(III) in milk samples, with satisfactory results. The relative standard deviation was $0.29\% \sim 0.41\%$, and the recovery was $94.6\% \sim 108.0\%$.

Keywords Iron ion; Catalysis; 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine; Fluorescence

(Received Sep. 8, 2018; accepted Jan. 10, 2019)

* Corresponding authors

《光谱学与光谱分析》期刊社决定采用 ScholarOne Manuscripts 在线投稿审稿系统

《光谱学与光谱分析》期刊社与汤森路透集团签约,自 2010 年 12 月 1 日起《光谱学与光谱分析》决定采用 Thomson Reuters 旗下的 ScholarOne Manuscripts 在线投稿审稿系统。

- ScholarOne Manuscripts, 该系统不仅能轻松处理稿件,而且能提速科技交流。
- 全球已有 360 多家学会和出版社的 3 800 多种期刊选用了 ScholarOne Manuscripts 系统作为在线投稿、审稿平台,全球拥有超过 1 350 万的注册用户,代表着全球学术期刊在线投审稿的一流水平。
- ScholarOne Manuscripts 与 EndNote, Web of Science 无缝链接和整合;使科研探索、论文评阅和信息传播效率大为提高。
- ScholarOne Manuscripts 是汤森路透科技集团的一个业务部门,拥有丰富的学术期刊业务经验,为学术期刊提供综合管理工作流程系统,使期刊更有效管理投稿、同行评审、加工和发表过程,提高作者心中的专业形象,缩短论文发表时间,削减管理成本,帮助期刊提高科研绩效和实现学术创新。

《光谱学与光谱分析》采用“全球学术期刊首选的在线投稿审稿系统—ScholarOne Manuscripts”,势必对 2010 年 11 月 30 日以前向本刊投稿的作者在查阅稿件信息时,会带来某些不便,在此深表歉意!为了推进本刊的网络化、数字化、国际化进程,以实现与国际先进出版系统对接;为了不断提高期刊质量,加快网络化、数字化建设,加快与国际接轨的进程,希望能得到广大作者、读者们的支持与理解,对您的理解和配合深表感激。这是一件新事物,肯定有不周全、不完善的地方,让我们共同努力,不断改进和完善起来。

《光谱学与光谱分析》期刊社

2010 年 12 月 1 日