

文章编号: 1000-5862(2013)03-0300-06

聚 *L*-组氨酸/石墨烯复合膜修饰电极 对多巴胺和尿酸的同时测定

简选, 于浩*, 金君, 王毅, 刘珍叶, 齐广才

(延安大学化学与化工学院 陕西 延安 716000)

摘要: 采用循环伏安法制备了聚 *L*-组氨酸/石墨烯复合膜修饰电极(poly-(*L*-His) /ERGO/GCE) ,研究了抗坏血酸(AA) 、多巴胺(DA) 和尿酸(UA) 在该修饰电极上的电化性质. 研究表明: AA、DA 和 UA 在该修饰电极上具有良好的电化响应, 且这 3 种物质的氧化峰能完全分离. 据此建立了在大量 AA 存在下同时测定 DA 和 UA 的新方法, 微分脉冲伏安法测定 DA 和 UA 的线性范围分别为 $3.0 \times 10^{-7} \sim 3.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $5.0 \times 10^{-7} \sim 3.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 检出限分别为 3.0×10^{-7} 和 $5.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

关键词: 聚 *L*-组氨酸; 石墨烯; 多巴胺; 尿酸

中图分类号: O 657.1

文献标志码: A

0 引言

多巴胺(DA) 是一种哺乳动物中枢神经系统中重要的神经递质^[1] ,它在机体内含量的多少与许多疾病密切相关^[2-3] . 尿酸(UA) 是人体内嘌呤与核苷酸分解的最终产物,在人体体液中含量的变化可反映人体内新陈代谢和免疫等机能状况^[4-5] . 故对多巴胺和尿酸的定量检测对临床诊断具有重要意义. 抗坏血酸(AA) 是人体体液内广泛存在的一种重要的物质,由于 AA 也具有一定的电化活性,所以用传统电极直接测定 DA 和 UA 时 AA 会产生一定的干扰,从而影响分析结果的准确度. 因此,近年来人们制备了各种化学修饰电极以提高电化方法测定此类物质的选择性和灵敏度^[6-9] .

氨基酸修饰电极由于其良好的电化性质得到高度重视^[8-10] ,石墨烯是一种单层碳原子紧密堆积成 2 维蜂窝状晶体结构的新型碳质材料,它具有比表面积大、导电性好、机械强度高^[11-15] 等优点,在电化传感领域得到了广泛的应用. 常见的制备石墨烯修饰电极的方法主要有直接滴涂法、滴涂氧化石墨烯还原法等. 石墨烯和氨基酸制备的复合膜不仅稳定,而且对于底物催化作用表现出协同效应^[16] .

本文利用电聚合 *L*-组氨酸法一步将氧化石墨烯电还原到电极,制备了聚 *L*-组氨酸/石墨烯修饰电极,研究了该修饰电极对 DA 和 UA 的电化行

为. 研究表明: 该电极对可以在 AA 的存在下同时检测 DA 和 UA, 结果令人满意.

1 实验部分

1.1 仪器及试剂

CHI660D 电化学工作站(上海辰华仪器公司); 三电极系统: 工作电极为聚 *L*-组氨酸/石墨烯修饰电极(poly-(*L*-His) /ERGO/GCE) 或玻碳电极(GCE) ,对电极为铂丝电极,参比电极为饱和甘汞电极; KQ-5200B 高功率数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司) .

天然石墨鳞片(厚度小于 30 μm ,碳质量分数为 99.9 % ,青岛莱西市南墅发达石墨公司) 、*L*-组氨酸(*L*-His ,上海康达氨基酸厂) 、尿酸(UA ,国药化学试剂有限公司) 、盐酸多巴胺(DA ,上海和丰制药有限公司) 、抗坏血酸(AA ,天津市新纯化学试剂研究所) ,所用试剂均为分析纯,水为 2 次蒸馏水.

1.2 氧化石墨烯的制备

采用改进的 Hummers 法^[17] 和文献[18]的方法制备氧化石墨,将得到的氧化石墨用 2 次蒸馏水超声分散,再将其水溶液于 35 $^{\circ}\text{C}$ 下真空干燥 24 h,得到氧化石墨烯(GO) .

1.3 聚 *L*-组氨酸/石墨烯复合膜修饰电极的制备

玻碳电极先分别用 0.30 和 0.05 μm 氧化铝粉

收稿日期: 2013-03-07

基金项目: 陕西省自然科学基金(2010JQ2005) 资助项目.

通信作者: 于浩(1971-) ,男,陕西宝鸡人,副教授,博士,主要从事电分析化学研究.

未抛光至镜面,再依次用丙酮、乙醇、去离子水洗涤,晾干备用。在 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 磷酸盐缓冲溶液 ($\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{-NaH}_2\text{PO}_4$, pH 值为 5.0) 中,控制氧化石墨烯的浓度为 $5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、L-组氨酸的浓度为 $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,在 $-2.5 \sim 2.5 \text{ V}$ 范围内以 $100 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$ 的扫描速率循环扫描 10 圈,冲洗干净后室温晾干,即得聚 L-组氨酸/石墨烯复合膜修饰电极,记为 poly-(L-His)/ERGO/GCE。在相同的实验条件下制备聚 L-组氨酸修饰电极,记为 poly-(L-His)/GCE。

2 结果与讨论

2.1 聚组氨酸/石墨烯复合膜修饰电极的制备及表征

图 1(A) 为电化学沉积 L-组氨酸/石墨烯复合膜时的循环伏安图,其中 0.5、1.8 和 -0.3 V 处的氧化还原峰是电聚合 L-组氨酸时的特征峰^[8-11],随着扫描圈数的增加,上述氧化还原峰峰电流均增大,表明 L-组氨酸沉积于电极表面。而在 -1.5 V 处的还原峰(a)是氧化石墨烯结构中的含氧官能团在电极表面的还原^[19],且随着扫描圈数的增加,峰电流也逐渐增大,表明石墨烯被沉积于电极表面。图 1(B) 为相同条件下电化学聚合 L-组氨酸时的循环伏安图。与图 1(A) 相比,图 1(B) 上只出现了电聚合 L-组氨酸时的特征峰,在 -1.5 V 处无氧化石墨烯的特征还原峰。以上结果表明,采用循环伏安法可直接制备聚 L-组氨酸/石墨烯复合膜。另外,图 1(A) 中 L-组氨酸的峰电流明显大于图 1(B),这是由于石墨烯具有良好的电子传递速率^[11,18],从而使 L-组氨酸聚合速度加快。

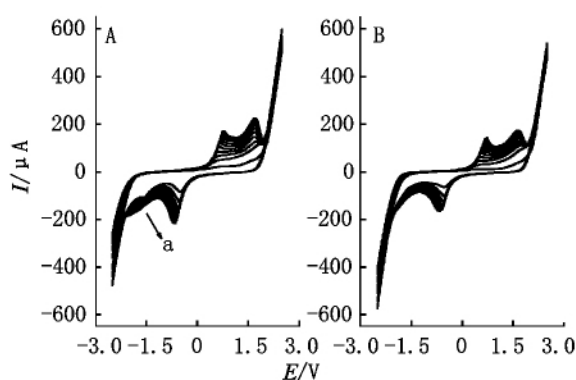


图 1 $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ L-His (A) 和 $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ L-His 与 $5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ GO 在 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ PBS ($\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{-NaH}_2\text{PO}_4$, pH = 5.0) 中的循环伏安图,扫描速率为 $50 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$

采用电化学交流阻抗谱(EIS)对复合膜的制备进行了表征。图 2 是不同的电极在 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KCl + $5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 溶液中的交流阻抗

图。由图 2 可见,裸玻碳电极阻抗最大,当 L-组氨酸聚合到玻碳电极表面时,阻抗减小,而聚 L-组氨酸/氧化石墨烯复合膜的阻抗最小。这是由于石墨烯具有良好的导电性,减小了聚合物膜的电子传递电阻^[20]。以上结果进一步表明,采用循环伏安法可直接制备聚 L-组氨酸/石墨烯复合膜。

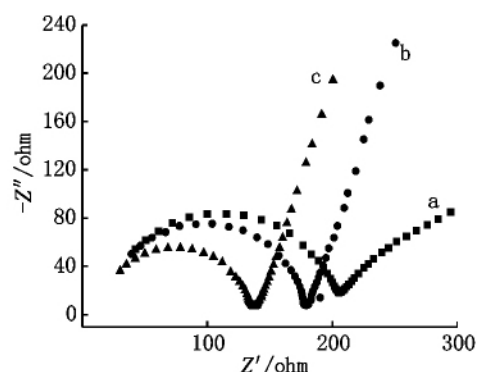


图 2 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KCl + $5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 溶液中 GCE (a), poly-(L-His)/GCE (b) 与 poly-(L-His)/ERGO/GCE (c) 的交流阻抗图

2.2 AA、DA 和 UA 在聚 L-组氨酸/石墨烯复合膜修饰电极上的电化学行为

图 3 分别为 $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 AA 和 $0.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ DA 和 UA 在裸玻碳电极 (a)、聚组氨酸修饰电极 (b) 和聚 L-组氨酸/石墨烯复合膜修饰电极 (c) 上的循环伏安图。由图 3 可见,在裸 GCE 上,AA、DA 和 UA 的氧化峰完全重叠,无法分别测定,且电流响应小。在 poly-(L-His)/GCE 上,AA、DA 和 UA 的氧化峰可完全分开,这说明聚 L-组氨酸膜对 AA、DA 和 UA 有良好的区分效应。而在聚 L-组氨酸/石墨烯复合膜修饰电极上,AA、DA 和 UA 的氧化峰可完全

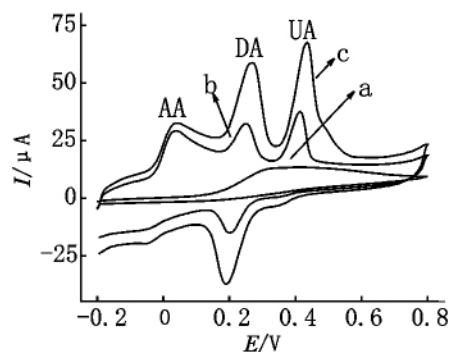


图 3 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ AA、 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ DA 和 UA 在 GCE (a)、poly-(L-His)/GCE (b) 与 poly-(L-His)/ERGO/GCE (c) 上的循环伏安图

分开,且电流响应明显大于聚 L-组氨酸膜修饰电极,这说明复合膜修饰电极对 AA、DA 和 UA 的电氧化具有良好的电催化活性和区分效应^[16],可用于 DA 和 UA 的同时测定。

采用循环伏安法研究了电位扫描速率对 DA 和

UA 氧化峰电流和峰电位的影响(见图 4(A)). 由图 4(A) 可见, 随着扫描速率的增加, DA 和 UA 的氧化峰电流均增加, 且峰电流与电位扫描速率的 $1/2$ 次方成线性关系(见图 4(B)), DA 和 UA 的线性方程分别为 $i_{pa}(\text{DA}) = -11.435 + 6.560v^{1/2}$ 和

$i_{pa}(\text{UA}) = 4.464 + 5.127v^{1/2}$, 这表明 DA 和 UA 在 poly-(L-His)/ERGO/GCE 上的反应过程均为扩散控制过程.

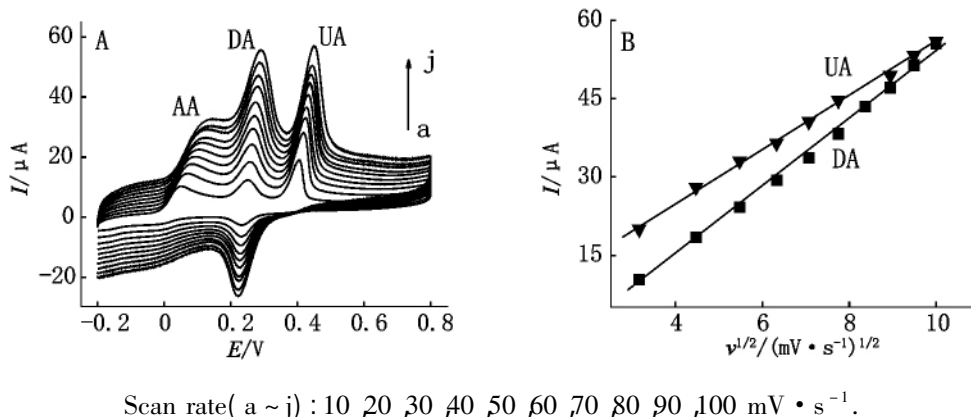
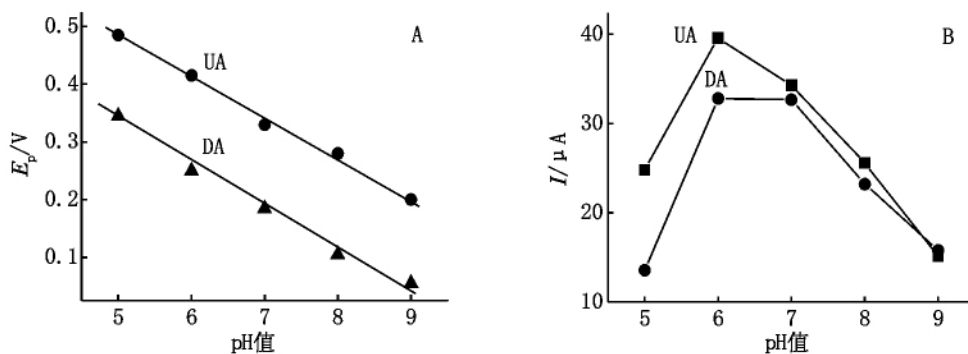


图 4 (A) 不同扫速下 AA、DA 和 UA 在 poly-(L-His)/ERGO/GCE 上的循环伏安曲线;
(B) DA 和 UA 氧化峰电流与 $v^{1/2}$ 的线性关系

采用循环伏安法研究了溶液酸度对 DA 和 UA 电化学行为的影响(见图 5). 由图 5 可见, 在 pH 值为 5~9 范围内, DA 和 UA 的阳极峰电位(E_{pa}) 均随 pH 值的增加而向负移, 且峰电位与 pH 值呈线性关系(见图 5(A)), 表明电极反应中有质子参与. DA 和 UA 的线性方程分别为 $E_{pa}^{(\text{DA})}(\text{V}) = 0.719 - 0.077\text{pH}$ 和 $E_{pa}^{(\text{UA})}(\text{V}) = 0.836 - 0.071\text{pH}$, 斜率分别

为 -0.077 V/pH 和 -0.071 V/pH , 与理论值 -0.0594 V/pH 和 -0.059 V/pH 很接近, 表明在 DA 和 UA 的电极反应均为 2 电子 2 质子反应^[21-22]. 同时, DA 和 UA 的阳极峰电流随 pH 值的增大先增大后减小, 2 种物质的最大峰电流值均在 pH 值为 6.0 左右. 因此, 选择 pH 值为 6.0 的 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 磷酸盐缓冲溶液作为支持电解质.



扫描速率: $50 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$ $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的磷酸盐缓冲溶液.

图 5 (A) 在 poly-(L-His)/ERGO/GCE 上 $5.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ DA 和 UA 的阳极峰电位与 pH 值的关系图;
(B) 在 poly-(L-His)/ERGO/GCE 上 $5.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ DA 和 UA 的阳极峰电流与 pH 值的关系图

2.3 线性范围和检出限

采用微分脉冲伏安法研究了在 AA 存在下同时测定 DA 和 UA. 图 6(A) 为控制 AA 和 DA 的浓度分别为 2.0×10^{-4} 和 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 依次改变加

入 UA 的量时的微分脉冲伏安图. 结果表明在 $0.05 \sim 5.00 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 范围内, UA 的峰电流与其浓度呈线性关系, 线性方程为 $i_{pa}(\text{DA}) = 2.987 + 0.179c$, 同时 AA 和 DA 对 UA 的测定无干扰. 图 6(B) 为控制 AA 和 UA 分别为 5.0×10^{-4} 和

$3.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 依次改变 DA 的加入量时的微分脉冲伏安图. 结果表明在 $0.05 \sim 5.00 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 范围内, DA 的峰电流与其浓度呈线性关系, 线性方程为 $i_{p,a}(\text{DA}) = 5.15 + 0.899c$, 同时 AA 和 UA

对 DA 的测定无干扰. 这表明在 AA 的存在下, poly-(L-His)/ERGO/GCE 可以对 DA 和 UA 进行同时测定.

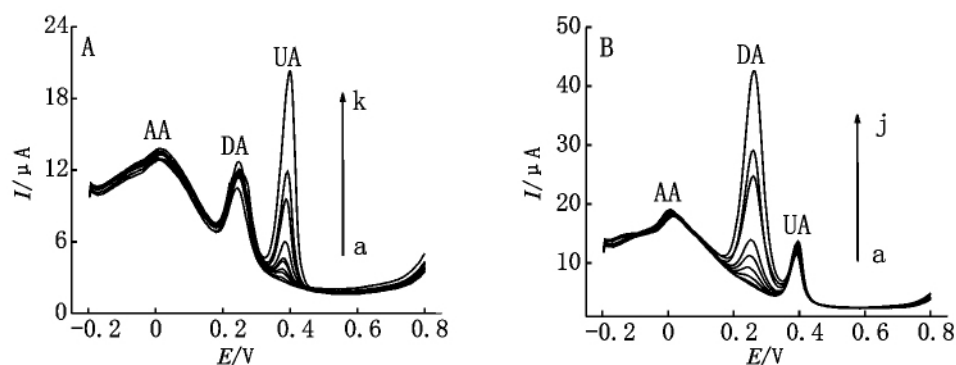


图6 (A) 不同浓度的 UA 在 $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ DA 和 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ AA 共存下的微分脉冲伏安图. $c^{(\text{UA})}$ (a~k): $(0.05, 0.07, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 3.0, 5.0) \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; (B) 不同浓度的 DA 在 $5.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ AA 和 $3.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ UA 共存下的微分脉冲伏安图. $c^{(\text{DA})}$ (a~j): $(0.05, 0.07, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0) \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

图7为在 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ AA 的存在下, 不同浓度 DA 和 UA 在修饰电极上的微分脉冲伏安图. 结果表明, 在 $5.0 \times 10^{-7} \sim 3.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的范围内, DA 和 UA 峰电流与其浓度均呈良好的线性关系, 线性方程分别为 $i_{p,a}(\text{DA}) = 4.591 + 0.879c$,

$R^2 = 0.995$ 和 $i_{p,a}(\text{UA}) = 2.845 + 0.189c$, $R^2 = 0.994$. DA 和 UA 的检出下限分别为 3.0×10^{-7} 和 $5.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

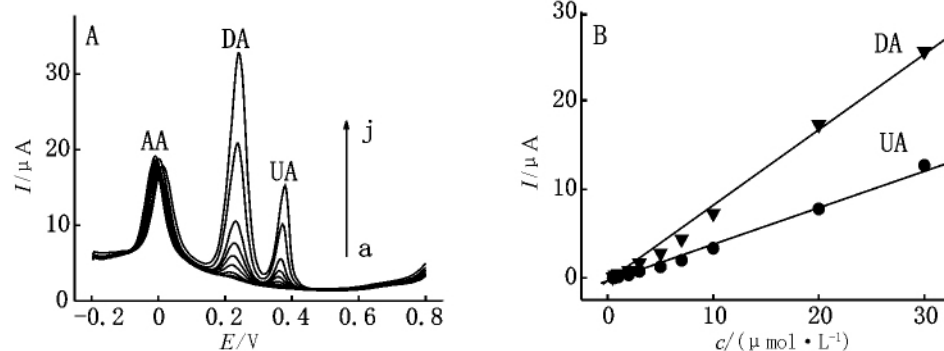


图7 (A) 不同浓度的 UA 和 DA 在 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ AA 共存下的微分脉冲伏安图, DA 和 UA 为 a~j: $(0.05, 0.07, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 2.0, 3.0) \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; (B) 校正曲线

2.4 修饰电极的稳定性、重现性及干扰实验

采用微分脉冲法连续测定 $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ AA、 $3.0 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ DA 和 UA 混合溶液 10 次, DA 和 UA 峰电流的相对标准偏差分别为 3.2% 和 2.5%. 在相同的实验条件下制备 5 支修饰电极, 平行测定 $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 AA、 $3.0 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 DA 和 UA 混合溶液, DA 和 UA 峰电流的相对标准偏差分别为 3.5% 和 2.3%. 电极室温下储存 30 d 后重新测定 $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 AA、 $3.0 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ DA 和 UA 混合溶液, DA 和 UA 的峰电流分别下降为原来的

93.7% 和 94.4%. 以上结果表明该修饰电极具有良好的稳定性和重现性.

在含 $3.0 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ DA 和 UA 的 PBS 溶液 (pH 值为 6.0) 中测定了一些可能共存的无机离子和有机物对同时测定 DA 和 UA 的干扰. 结果表明: 100 倍的 Ca^{2+} 、 Cl^{-} , 10 倍的 L-半胱氨酸和葡萄糖以及等浓度的柠檬酸均不干扰 DA 和 UA 的测定.

2.5 样品分析

通过加标回收率实验考察了方法的可靠性. 在 3 份加入已知浓度的 DA 和 UA 的样品中分别同时

加入一定量的 AA、DA 和 UA 标准溶液进行加标回收率实验,实验结果见表 1. DA 和 UA 的加标回收

率分别为 97.5% ~ 104% 和 95.0% ~ 104% ,表明该方法准确可靠.

表 1 DA 和 UA 的回收率测定结果

| | Original $c/(\times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})$ | | Added $c/(\times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})$ | | Found $c/(\times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})$ | | Recovery / % | |
|---------|--|------|---|------|---|------|--------------|------|
| | DA | UA | DA | UA | DA | UA | DA | UA |
| (i) | 0.01 | 0.01 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.22 | 100 | 104 |
| (ii) | 0.20 | 0.20 | 0.03 | 0.03 | 0.24 | 0.23 | 104 | 100 |
| (iii) | 0.30 | 0.30 | 0.10 | 0.10 | 0.39 | 0.38 | 97.5 | 95.0 |

3 结论

采用循环伏安法制备了聚 *L*-组氨酸/石墨烯复合膜修饰电极,并用于血液中 DA 和 UA 的同时测定.结果表明,该修饰电极对 AA、DA 和 UA 具有良好的选择性,可在大量 AA 存在下,同时测定 DA 和 UA,该修饰电极在临床分析方面具有潜在的使用价值.

4 参考文献

- [1] Zhang Lei, Yuan Wenjuan, Hou Baoqin. Nano-Cu/PSA III modified glassy carbon electrode for simultaneous determination ascorbic acid, dopamine and uric acid [J]. Journal of Electroanalytical Chemistry 2013, 689(15) : 135-141.
- [2] 王春燕, 唐小凤, 田坚, 等. 聚氨基黑 10B/Nafion 修饰电极上多巴胺的检测 [J]. 分析化学研究简报, 2009, 37(12) : 1800-1804.
- [3] 樊雪梅, 王书民, 赵夏, 等. 据对氨基苯磺酸修饰电极差分脉冲伏安法测定多巴胺 [J]. 理化检测: 化学分册, 2010, 46(8) : 917-919.
- [4] 朱伟琼, 李容, 熊健, 等. 尿酸在石墨烯修饰电极上的电化学行为及测定 [J]. 分析测试学报, 2012, 31(2) : 153-157.
- [5] 孙登明, 胡文娜, 马伟, 等. 聚 *L*-甲硫氨酸修饰电极的制备及对尿酸的测定 [J]. 分析化学, 2007, 35(12) : 1787-1790.
- [6] 艾永青, 胡芹芹, 肖虎勇, 等. 石墨烯修饰金电极的制备及同时测定多巴胺和尿酸 [J]. 湖北师范学院学报: 自然科学版, 2012, 32(4) : 61-67.
- [7] 张亚, 张宏芳, 郑建斌. Nafion-离子液体修饰碳糊电极在抗坏血酸和尿酸存在下选择性测定多巴胺 [J]. 分析试验室, 2008, 27(12) : 34-37.
- [8] Yu Aimin, Sun Dengming, Gu Haiying, et al. Catalytic oxidation of ascorbic acid at a polyhistidine modified electrode and its application to the voltammetric resolution of ascorbic acid and dopamine [J]. Analytical Letters, 1996, 29(15) : 2633-2643.
- [9] 朱庆仁, 孙登明, 张宏兵. 聚组氨酸修饰电极测定多巴胺的研究 [J]. 淮北煤炭师范学院学报, 2001, 22(12) : 26-29.
- [10] Marcio F Bergamini, Daniela P Santos, Maria Valnice B Zanoni. Determination of isoniazid in human urine using screen-printed carbon electrode modified with poly-*L*-histidine [J]. Bioelectrochemistry, 2010, 77(2) : 133-138.
- [11] 安雅娟, 余隽金, 万浪辉, 等. 石墨烯-苯环-石墨烯带结构的电子运输 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2012, 36(2) : 116-119.
- [12] 袁慧珍, 宋永海, 张梅, 等. 磷钼酸/壳聚糖功能化的石墨烯多层膜修饰电极及其电化学行为 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2011, 35(5) : 512-516.
- [13] Li Jing, Liu Chunyan, Cheng Chao. Electrochemical detection of hydroquinone by graphene and Pt-graphene hybrid material synthesized through a microwave-assisted chemical reduction process [J]. Electrochimica Acta, 2011, 56(6) : 2712-2716.
- [14] Sumanta Sahoo, Karthikeyan G, Ganesh Ch Nayak, et al. Electrochemical characterization of in situ polypyrrole coated graphene nanocomposites [J]. Synthetic Metals, 2011, 161(15/16) : 1713-1719.
- [15] Guo Huilin, Wang Xiaofei, Qian Qingyun, et al. A green approach to the synthesis of graphene nanosheets [J]. Nano, 2009, 3(9) : 2653-2659.
- [16] Zhang Fengyuan, Wang Zaihua, Zhang Yuzhen, et al. Simultaneous electrochemical determination of uric acid, xanthine and hypoxanthine based on poly(*L*-arginine) /graphene composite film modified electrode [J]. Talanta, 2012, 93: 320-325.
- [17] William S Hummers, Richard E Offeman. Preparation of graphitic oxide [J]. Journal of the American Chemical Society, 1958, 80(6) : 1339.
- [18] Anna Osterholm, Tom Lindfors, Jussi Kauppila, et al. Electrochemical incorporation of graphene oxide into conducting polymer films [J]. Electrochimica Acta, 2012, 83: 463-470.
- [19] Wang Zhijuan, Zhou Xiaozhu, Zhang Juan, et al. Direct electrochemical reduction of single-layer graphene oxide and subsequent functionalization with glucose oxidase [J]. The

- Journal of Physical Chemistry C, 2009, 113 (32) : 14071–14075.
- [20] Dale A C Brownson ,Craig E Banks. Graphene electrochemistry: an overview of potential applications [J]. Analyst , 2010 ,135(11) : 2768–2778.
- [21] Goyal R N ,Alok Mittal ,Sonam Sharma. Simultaneous voltammetric determination of hypoxanthine ,xanthine ,and uric acid [J]. Electroanalysis ,1994 ,6(7) : 609–611.
- [22] Palraj Kalimuthu ,Abraham S John. Simultaneous determination of ascorbic acid ,dopamine ,uric acid and xanthine usinga nanostructured polymer film modified electrode [J]. Talanta 2010 ,80(5) : 1686–1691.

Simultaneous Determination of Dopamine and Uric Acid on Poly-(L-His) /ERGO Modified Glassy Carbon Electrode

JIAN Xuan ,YU Hao* ,JIN Jun ,WANG Yi ,LIU Zhen-ye ,QI Guang-cai

(College of Chemistry and Chemical Engineering ,Yan' an University ,Yan' an Shangxi 716000 ,China)

Abstract: A poly-(L-His) /ERGO hybrid film modifying electrode had been fabricated by using cyclic voltammetry. The electrochemical behaviors of dopamine(DA) ,uric acid(UA) and ascorbic acid(AA) were investigated. The results showed that the resulting modified electrode exhibited excellent electrocatalytic activity toward the electrooxidation of DA and UA and had superior selectivity for the determination of DA ,UA in the presence of mass AA. Under the optimum conditions ,the liner calibration curves of $3.0 \times 10^{-7} \sim 3.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ and $5.0 \times 10^{-7} \sim 3.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ with the detection is $3.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ and $3.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ were obtained for DA and UA ,respectively.

Key words: poly-(L-Histidine) ; graphene; ascorbic acid; dopamine; uric acid

(责任编辑: 刘显亮)

(上接第 283 页)

Open Entity Attribute-Value Extraction from Unstructured Text

ZENG Dao-jian ,LAI Si-wei ,ZHANG Yuan-zhe ,LIU Kang ,ZHAO Jun*

(National Laboratory of Pattern Recognition ,Institute of Automation Chinese Academy of Sciences ,Beijing 100190 ,China)

Abstract: An approach for extracting attribute-value pairs of a given entity has been proposed ,regarding attribute-value extraction as a sequential data-labeling problem. In order to avoid label the corpus manually ,the information in the Infoboxes of Baidu encyclopedia is used to label the unstructured text as the training data. After the training data was generated ,multidimensional features are used to train the sequential data-labeling model ,and then the performance is improved by using the context. Experiments shows that this method can be used in many classes of the Baidu encyclopedia ,and this method can be also used in other websites.

Key words: attribute-value extraction; unstructured text; Infobox; Baidu encyclopedia

(责任编辑: 冉小晓)