

盐酸金霉素分子印迹电化学传感器的研制

高 杨 王 伟 刘英姿 陶 强 万 雪 张娟琨*

(天津市工业微生物重点实验室,教育部工业微生物重点实验室,天津科技大学 生物工程学院,天津 300457)

摘 要 构建了一种选择性检测盐酸金霉素(CTC) 的分子印迹电化学传感器。在 NaClO_4 溶液中,以邻氨基酚(OAP) 为功能单体,盐酸金霉素(CTC) 为模板,通过循环伏安法在玻碳电极表面上聚合制备了 CTC 印迹敏感膜(MIPs)。在含 $0.005 \text{ mol/L K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 及 0.1 mol/L KCl 的磷酸盐缓冲液(PBS) 中,应用差分脉冲伏安法(DPV) 研究了传感器的响应性能。DPV 峰电流差与 CTC 浓度在 $2.0 \times 10^{-8} \sim 6.1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 范围内呈线性关系,检出限为 $1.5 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ (3σ)。实验表明,用甲醇/ H_2SO_4 混合洗脱溶液可以使传感器再生,对 CTC 的测定具有良好的重现性,并具有良好的储存稳定性。传感器对于干扰物氯霉素及青霉素没有响应,结构相似的四环素、土霉素有微弱的响应,显示了良好的选择性。在牛奶和鸡肉实际样品中所测得的 CTC 加标回收率为 $86.4\% \sim 96.9\%$ 。与文献报道的 CTC 检测方法相比,本传感器具有低的检测限,操作简便,整个过程无需衍生化处理,响应快,成本低。

关键词 分子印迹聚合物; 电化学传感器; 邻氨基酚; 盐酸金霉素

1 引 言

金霉素(Chlortetracycline, CTC) 属四环素类光谱抗生素的一种,可由链霉菌培养液中提取出或以半合成方法生产,能够有效抑制革兰阳性菌、阴性菌、立克次氏体等,抗菌范围较广。广泛应用于鱼类、禽畜疾病的预防与治疗,添加于饲料中能够增加禽畜日增重及饲料转化率。但由于药物滥用,残留于动物性食品中的金霉素对人体健康构成了潜在的危害^[1,2]。大部分国家对动物性食品中金霉素的残留做出了严格的限定。我国国标 GB/T 22990-2008 和 GB/T 5009.116-2003 规定了牛奶及畜、禽肉中金霉素残留量,其中牛奶中最高限量为 $0.1 \mu\text{g/mL}$ 。

目前,检测金霉素的常用方法包括高效液相色谱法(HPLC)^[3,4]、免疫分析法^[5,6]、毛细血管电泳法^[7]、微生物培养法^[8],其中, HPLC 法虽然应用最广,检测结果精准可靠,但对样品纯度要求较高,无法满足大批量样本快速筛查的需要;免疫分析法对样品纯度要求不高,但检测结果重现性差;毛细血管电泳法分析速度快,但灵敏度低;微生物培养法适合大量样品筛选,但受抗菌活性杂质的影响不适于定量分析。

分子印迹聚合物(MIPs) 具有较强的特异性的分子识别能力,且耐高温、高压及酸碱腐蚀^[9],在制备不同功能的传感器方面,已得到广泛应用^[10,11]。由于兼具操作简便、造价低廉、易于自动化等优势,基于电化学聚合法所制备的印迹膜传感器近年来得到迅速发展^[11~13],所用的单体包括苯胺和吡咯等^[14,15]。而以邻氨基酚为单体,可在不同电极表面电聚合,膜厚度可控制在 $10 \sim 100 \text{ nm}$,且羟基作为潜在的配位位点,可进一步提高传感器的性能^[16]。本研究采用循环伏安(CV) 法,以盐酸金霉素为模板分子,邻氨基酚为聚合单体,构建了测定盐酸金霉素的分子印迹敏感膜电化学传感器,与 Guerreiro 等^[17]制备的金霉素印迹聚合物膜离子选择性电极相比,本传感器具有更低的检测下限,操作更简便。整个过程无需衍生化处理,响应快,成本低,选择性良好,可以满足盐酸金霉素痕量分析的要求,有望在食品检测中得到更好的应用。

2014-08-12 收稿; 2014-10-20 接受

本文系天津市科委资助项目(No. 14RCCFSF00140)

* E-mail: zhangjk@tust.edu.cn

2 实验部分

2.1 仪器与试剂

LK2005A 型电化学工作站(天津市兰力科化学电子技术有限公司);电化学测试采用三电极系统,玻碳电极为工作电极($GCE, \Phi = 4 \text{ mm}$),铂片电极为对电极, $Ag/AgCl$ 电极为参比电极(天津艾达恒晟科技发展有限公司);超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司)。

盐酸金霉素(Chlortetracycline, CTC, 纯度 $> 97\%$, 上海生工生物工程有限公司), 配制成浓度为 $1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 储备液, 于 4°C 避光保存, 使用时逐级稀释; 其它试剂均为分析纯; 牛奶和鸡肉购于本地超市; 实验用水均为二次蒸馏水。

2.2 玻碳电极的预处理

将玻碳电极依次用 $1.0, 0.30$ 和 $0.05 \mu\text{m}$ 粒度的 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 抛光粉研磨抛光, 而后依次用 HNO_3 ($1+1$) 无水乙醇和二次蒸馏水分别超声清洗 $2 \sim 3 \text{ min}$, 再将电极置于 $0.5 \text{ mol/L H}_2\text{SO}_4$ 溶液中用循环伏安法活化, 扫描范围为 $-0.1 \sim 1.0 \text{ V}$, 反复扫描直至得到阴、阳极峰对称且稳定的循环伏安(CV)图为止, 峰峰电位差在 64 mV 以下, 取出电极待用。

2.3 分子印迹及非分子印迹修饰电极的制备

将 0.1 g 邻氨基酚(OAP)溶于 0.1 mol/L HClO_4 中, 并加入 0.4 mol/L NaOH 调节至弱酸性($\text{pH } 5.5$), 定容至 250 mL (36.7 mmol/L)。从中移取 9 mL , 向其中加入 $1 \text{ mL } 0.001 \text{ mol/L}$ 盐酸金霉素(CTC)混合均匀。通 N_2 除 O_2 约 15 min , 再将三电极系统浸入到含有 CTC 和 OAP 的 NaClO_4 底液中, 采用 CV 法扫描 30 圈, 扫描电位为 $-0.2 \sim 1.2 \text{ V}$, 扫描速度为 50 mV/s , 在玻碳电极表面得到电聚合膜, 即制得含 CTC 的聚合膜电极(CTC-MIP-POAP/GCE)。将玻碳电极浸入含有 10 mL 甲醇- $0.5 \text{ mol/L H}_2\text{SO}_4$ 混合溶液($1:4, \text{ V/V}$)洗脱 24 h , 二次蒸馏水淋洗 1 min , 得到留有 CTC 分子构型孔穴的分子印迹敏感膜(MIP-POAP/GCE)。在同样条件下, 制备不加入 CTC 印迹分子的非印迹膜修饰电极(POAP/GCE)。

2.4 实际样品分析

5 mL 牛奶置于 50 mL 离心管, 加入 20 mL MCHvaine-EDTA 缓冲液及 2 mL 三氯乙酸, 漩涡混合 2 min , 在 4°C 下以 4000 r/min 离心 20 min , 取上清液待用。称取 5.00 g 切碎的肉样置于 50 mL 锥形瓶中, 加入 $5\% \text{ HClO}_4$ 溶液 25 mL , 于振荡器上振荡提取 10 min , 移入离心管中, 以 2000 r/min 离心 3 min , 取上清液经 $0.45 \mu\text{m}$ 滤膜过滤, 收集滤液待用。分别取两份上清液及滤液 2 mL , 用 PBS 分别稀释至 10 mL 作为样品溶液。

3 结果与讨论

3.1 电化学制备分子印迹聚合膜

图 1A 为模版分子 CTC 存在下玻碳电极上 OAP 电聚合过程中的 CV 曲线。由 CV 曲线可见, OAP 的电化学聚合是一个不可逆的过程。从扫描的第二圈开始, 电流便出现明显的骤降, 并随着 CV 扫描圈数的增多, 电流缓慢下降至背景值, 这表明了电极表面上逐渐覆盖并形成了致密的非导电聚合膜, 阻止了 OAP 的进一步氧化, 使得伏安电流响应受到抑制。而图 1B 为不加入 CTC 的 OAP 电聚合的 CV 曲线, 与图 1A 相比并无显著差异, 这表明 CTC 的存在不干扰 OAP 的电聚合。

3.2 分子印迹效应

采用 CV 及 DPV 法表征了不同电极在 $0.005 \text{ mol/L K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 的磷酸盐缓冲液(PBS, $\text{pH } 6.4$) 中的特性(图 2)。由 DPV 表征曲线(图 2A)可知, 裸电极(GCE)(曲线 a)具有了较大的还原峰电流, 说明探针离子 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 在 GCE 表面发生了电化学反应, 从而产生了峰电流。而非印迹膜电极(POAP/GCE)(曲线 d)相较于 GCE, 几乎没有还原峰出现, 这是由于覆盖于电极上的不含 CTC 的 POAP/GCE 电极是非导电的, 阻碍了探针 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 的扩散传递。印迹膜电极(MIP-POAP/GCE)(曲线 b)相对于 POAP/GCE 而言, 还原峰电流有了明显的大幅度提高, 这是由于 CTC-MIP-POAP/GCE 膜经洗脱后所留下的印迹孔穴为 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 提供了传质通道, 在电极表面发生了电化学反应。而洗脱再

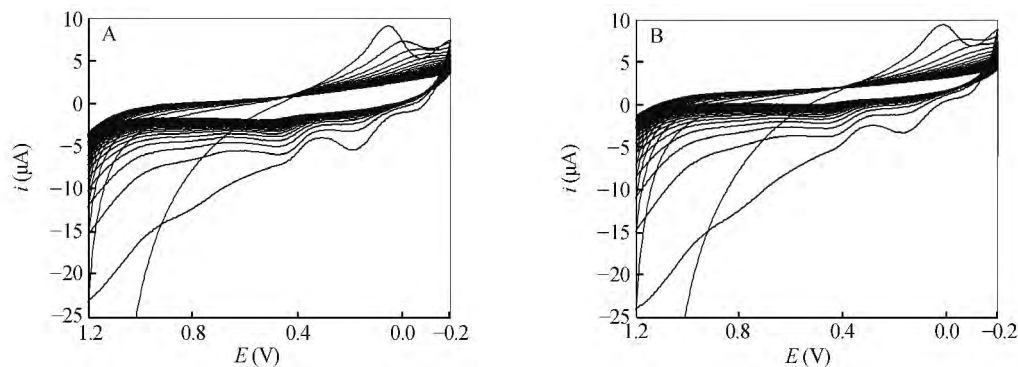


图1 OAP 电化学聚合的循环伏安曲线: (A) 加入 CTC 的 OAP 的 NaClO_4 底液; (B) OAP 的 NaClO_4 底液(扫速: 50 mV/s 扫描次数: 30)

Fig. 1 Cyclic voltammograms for the electrochemical polymerization of *o*-aminophenol (OAP) in the presence (A) and absence (B) of chlortetracycline (CTC) in sodium perchlorate aqueous solution (Scan rate: 50 mV/s, cycling number: 30)

吸附 CTC 的印迹膜电极(曲线 c)相较于 MIP-POAP/GCE 则出现峰电流值的下降,说明 2×10^{-7} mol/L CTC 经印迹膜所留下的孔穴,被吸附至 MIP-POAP/GCE 电极上,一部分印迹孔穴被吸附上的 CTC 阻塞,使得 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 传质通道减少。CV 法与 DPV 法的表征结果相符。

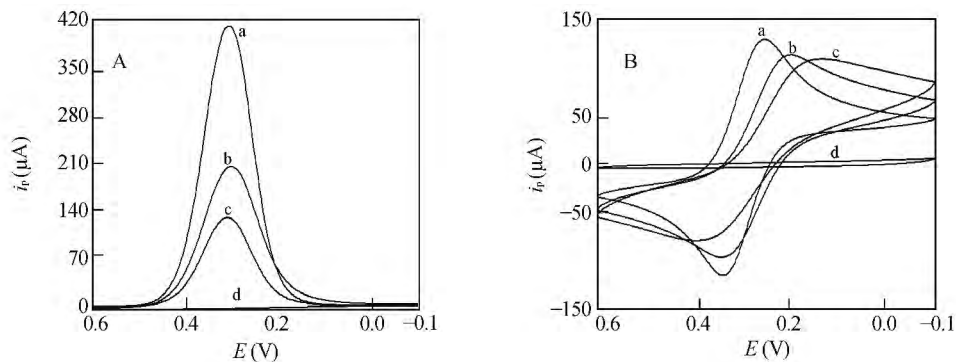


图2 不同电极在含 0.005mol/L $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 、0.1 mol/L KCl 的磷酸盐缓冲液(pH 6.4)中的差分脉冲伏安图(A)和循环伏安图(B)

Fig. 2 Differential pulse voltammograms (A) and cyclic voltammograms (B) of the electrodes in phosphate buffer solution of pH 6.4 containing 0.1 mol/L KCl and 0.005 mol/L $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

(a) GCE; (b) MIP-POAP/GCE; (c) CTC_{ad} -MIP-POAP/GCE; (d) POAP/GCE. A 图: 电位范围: $-0.1 \sim 0.6$ V, 电位增量: 4 mV/s 脉冲幅度: 50 mV/s 脉冲宽度: 5 s 脉冲间隔: 0.1 s; B 图: 电位范围: $-0.1 \sim 0.6$ V, 扫描速度: 50 mV/s。

(a) GCE; (b) MIP-POAP/GCE; (c) CTC_{ad} -MIP-POAP/GCE; (d) POAP/GCE. A: scan range: $-0.1 \sim 0.6$ V, potential incremental: 4 mV/s, pulse amplitude: 40 mV/s, pulse width: 5 s, pulse interval: 0.1 s; B: scan range: $-0.1 \sim 0.6$ V, scan rate: 50 mV/s。

3.3 吸附时间对 CTC 分子印迹膜电化学响应的影响

响应时间是表征传感器性能的一个重要参数,将 MIP-POAP/GCE 膜电极浸入一定浓度金霉素溶液中进行静置吸附,每隔 2 min 取出,并用二次蒸馏水淋洗干净,在 0.005 mol/L $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ PBS 中用 DPV 法检测。结果表明,随着吸附时间延长,峰电流逐渐下降,表明印迹位点逐渐被金霉素分子所占据,当吸附时间超过 20 min 后,峰电流基本达到平衡。因此选择 20 min 为最佳吸附时间。

3.4 CTC 印迹膜的选择性

选择四环素、土霉素、氯霉素及青霉素作为干扰物并采用 DPV 法考察 MIP-POAP/GCE 膜电极对 CTC 的选择性。分别测定了修饰膜印迹电极对含 5×10^{-6} , 7.5×10^{-6} , 1×10^{-5} , 1.5×10^{-5} , 2×10^{-5} , 4

$\times 10^{-5}$ 和 8×10^{-5} mol/L 的盐酸金霉素及干扰物溶液的响应, 计算相对峰电流变化率 ($\Delta i/i_0$), 其中 Δi 为 MIP-POAP/GCE 膜电极对各种物质响应前后的峰电流差值, i_0 为印迹膜经洗脱后的峰电流值。如图 3 所示, 氯霉素和青霉素对盐酸金霉素几乎无干扰, 土霉素和四环素产生了极微弱的电流响应。这是由于氯霉素及青霉素与 CTC 的结构差别较大, 电化学响应信号变化极其微弱, 而土霉素和四环素与 CTC 的结构相似, 这使得有少量土霉素及四环素能够被吸附到印迹分子修饰电极的孔穴上, 从而引起微弱的电化学响应, 但对 CTC 并没有形成显著干扰。这说明印迹膜修饰电极与模板分子之间的作用不单是由与其互补的官能团所决定, 立体结构互补所形成的印迹孔穴也有较大影响。

3.5 印迹膜电极的电化学响应及标准曲线

印迹膜传感器在含 0.005 mol/L $K_3[Fe(CN)_6]$ 的 10 mL PBS (含 0.1 mol/L KCl, pH 6.4) 中逐次加入等分试样 20 μ L 的 1×10^{-5} mol/L 的 CTC, DPV 法进行测定 (图 4A)。将 MIP-POAP/GCE 膜电极在空白溶液中所测得的峰电流与吸附不同浓度 CTC 的 CTC_{ad} -MIP-POAP/GCE 膜电极所测得的峰电流的差 (Δi), 与 CTC 浓度的作图, 得到测定 CTC 浓度的标准曲线 (图 4B)。CTC 在 $2.0 \times 10^{-8} \sim 6.1 \times 10^{-7}$ mol/L 范围内与 DPV 峰电流减少量呈线性关系, 线性方程为 $y = 11.19 + 279.43x$, $R^2 = 0.9989$, CTC 的检出限为 1.5×10^{-8} mol/L (3σ)。

不同方法检测 CTC 的结果见表 1。与其它方法相比, 本传感器具有更低浓度的线性范围, 检出限也更低, 适用于快速检测低浓度水平的盐酸金霉素。

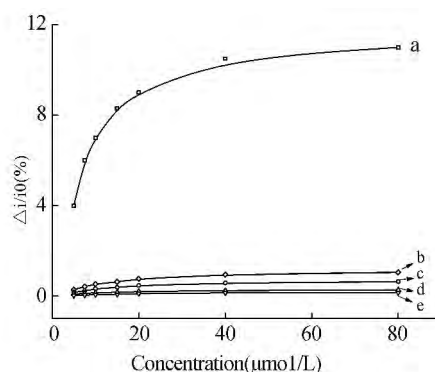


图3 不同物质在分子印迹膜电极上的相对峰电流变化率

Fig.3 $\Delta i/i_0$ ratio changes of MIP sensor vs. concentration of different substances

a: 盐酸金霉素; b: 四环素; c: 土霉素; d: 氯霉素; e: 青霉素。
a, chlortetracycline; b, tetracycline; c, oxytetracycline; d, chloroamphenicol; e, penicillin.

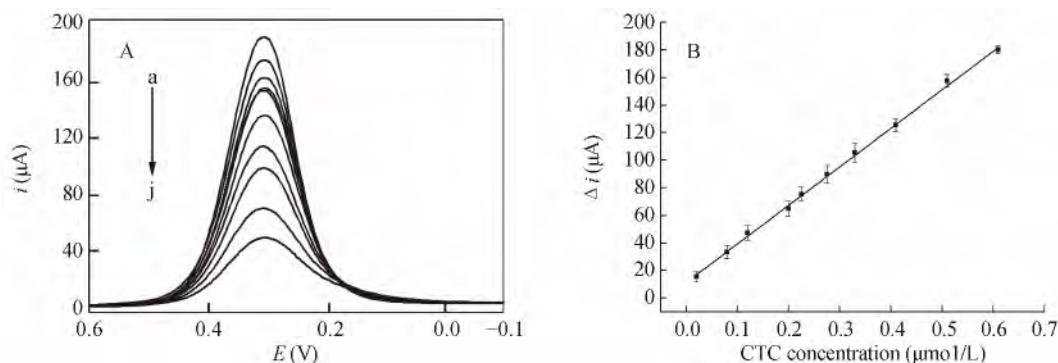


图4 (A) 不同盐酸金霉素浓度下的差分脉冲伏安图; (B) 盐酸金霉素浓度与峰电流差的关系

Fig.4 (A) DPV curves of MIP-POAP/GCE after adsorption in different concentrations of CTC and (B) current peak difference vs CTC concentration on MIP-POAP/GCE

表1 本方法与其它方法检测金霉素的结果比较

Table 1 Comparison of detection results of CTC by this method and literature methods

检测方法 Detection method	线性范围 Calibration range (mol/L)	检出限 Detection limit (mol/L)	文献 References
高效液相色谱法 High performance liquid chromatography	$5.2 \times 10^{-7} \sim 4.2 \times 10^{-5}$	1.9×10^{-7}	[3]
胶体金免疫技术 Immune colloidal gold technique	$0.1 \times 10^{-5} \sim 0.2 \times 10^{-5}$	1.0×10^{-5}	[6]
毛细管电泳法 Capillary electrophoresis	$4.9 \times 10^{-6} \sim 0.6 \times 10^{-3}$	1.0×10^{-6}	[7]
微生物培养法 Microbiological assay	$1.6 \times 10^{-7} \sim 3.2 \times 10^{-7}$	4×10^{-8}	[8]
本方法 The proposed method	$2.0 \times 10^{-8} \sim 6.1 \times 10^{-7}$	1.5×10^{-8}	

3.6 印迹膜电极的重现性与稳定性

使用过的印迹膜电极在洗脱溶液甲醇-0.5 mol/L H_4SO_4 混合溶液(1:4, V/V) 中超声清洗 5 min, 并用二次蒸馏水淋洗后即可使电极基本能恢复到使用前的响应值。因此使用同一支印迹膜电极对 2×10^{-7} mol/L CTC 平行测定 5 次, RSD 为 1.9%, 显现出较好的重现性。将此印迹膜电极储存于 4 °C 冰箱中 2 周后在相同条件下对 2×10^{-7} mol/L CTC 的测定值降至初始响应的 90.3%。经 4 周后, 响应值降至初始响应的 82.7%, 具有良好的长期稳定性。

3.7 样品分析

取市售的牛奶和鸡肉样品, 经本方法检测均未检出 CTC。向牛奶及鸡肉组织空白样品溶液中加入 0.1, 0.2 和 0.5 $\mu\text{mol/L}$ 的 CTC, 每个浓度平行测定 3 次, 经 MIP-POAP/GCE 膜电极吸附后, 置入含 0.005 mol/L $K_3[Fe(CN)_6]$ 、0.1 mol/L KCl 的 PBS 中检测, 测定结果如表 2 所示。回收率为 86.4% ~ 96.9%, RSD 为 1.7% ~ 6.8%, 可满足实际样品分析的需要。

表 2 牛奶及鸡肉组织样品中 CTC 的加标回收率

Table 2 Recovery of CTC in milk and chicken muscle tissue samples

样品 Sample	加标量 Added ($\mu\text{mol/L}$)	测得量 Found ($\mu\text{mol/L}$)	回收率 Recovery (%)	RSD (%, $n=3$)
牛奶 Milk	0.1	0.0952	95.2	2.4
	0.2	0.1856	92.8	6.8
	0.5	0.4845	96.9	1.7
鸡肉 Chicken muscle tissue	0.1	0.0864	86.4	3.2
	0.2	0.1742	87.1	2.4
	0.5	0.4533	90.6	1.9

References

- Fang H, Han Y L, Yin Y M, Pan X, Yu Y L. *J. Chemosphere.*, **2014**, 96: 51 – 56
- Alaboudi A, Basha E A, Musallam I. *J. Food Control.*, **2013**, 33(1): 281 – 286
- Patyra E, Kowalczyk E, Kwiatek K. *J. B. Vet. I. Pulawy.*, **2012**, 56(3): 329 – 333
- WANG Lei, XU Zhi-Xiu, ZHANG Xiao-Song, SHAO Xue-Guang. *Chinese J. Anal. Chem.*, **2003**, 31(1): 52 – 54
王蕾, 徐智秀, 张孝松, 邵学广. *分析化学*, **2003**, 31(1): 52 – 54
- Le T, Yi S H, Zhao Z W, Wei W. *Food. Addit. Contam.*, **2011**, 28(11): 1516 – 1523
- WU Yu-Xiang, LIU Zhi-Guo, HAN Zeng-Fei, ZHANG Lu, SUN Tian. *J. Food Sci.*, **2008**, 29(7): 348 – 351
武玉香, 刘志国, 韩增飞, 张露, 孙田. *食品科学*, **2008**, 29(7): 348 – 351
- ZHANG Lan, LIN Zi-An, XIE Zeng-Hong. *Chinese J. Analysis and Testing Technology and Instruments*, **2004**, 10(1): 18 – 23
张兰, 林子安, 谢增鸿. *分析测试技术与仪器*, **2004**, 10(1): 18 – 23
- LIU Xing-Quan, FENG Zhen, YAO Lei, LI Bo-Bin. *Chinese J. Modern Food Science and Technology*, **2011**, 27(4): 465 – 467
刘兴泉, 冯震, 姚蕾, 李博斌. *现代食品科技*, **2011**, 27(4): 465 – 467
- Puoci F, Iemma F, Cirillo G, Curcio M, Parisi O I, Spizzirri U G, Picci N. *J. Eur. Polym.*, **2009**, 45(6): 1634 – 1640
- Amut E, Fu Q, Fang Q, Liu R, Xiao A, Zeng A, Chang C. *J. Polym. Res.*, **2010**, 17(3): 401 – 409
- ZHANG Lian-Ming, LI Jian-Ping, PAN Hong-Cheng. *Chinese J. Anal. Chem.*, **2012**, 40(7): 1025 – 1030
张连明, 李建平, 潘宏程. *分析化学*, **2012**, 40(7): 1025 – 1030
- Rosy, Chasta H, Goyal R N. *Talanta*, **2014**, 125: 167 – 173
- WANG Lin, TAN Xue-Cai, ZHAO Dan-Dan, LIU Li, LEI FU-Hou, HUANG Zai-Yin, GONG Qi. *Chem. J. Chinese Universities*, **2012**, 33(8): 1708 – 1713
王琳, 谭学才, 赵丹丹, 刘力, 雷福厚, 黄在银, 龚琦. *高等学校化学学报*, **2012**, 33(8): 1708 – 1713
- ZHANG Jin, XU Lan, WANG Ya-Qiong, LV Rui-Hong. *Chinese J. Anal. Chem.*, **2009**, 37(7): 1041 – 1044
张进, 徐岚, 王亚琼, 吕瑞红. *分析化学*, **2009**, 37(7): 1041 – 1044
- QI Yu-Bing, LIU Ying, SONG Qi-Jun. *Chinese J. Anal. Chem.*, **2011**, 39(7): 1053 – 1057
齐玉冰, 刘瑛, 宋启军. *分析化学*, **2011**, 39(7): 1053 – 1057
- Tucceri R, Arnal P M, Scian A N. *Canadian J. Chem.*, **2012**, 91(2): 91 – 112
- Guerreiro J R L, Freitas V, Sales M G F. *Microchem. J.*, **2011**, 97(2): 173 – 181

Preparation of an Electrochemical Sensor for Determination of Chlortetracycline Based on Molecularly Imprinted Film

GAO Yang, WANG Wei, LIU Ying-Zi, TAO Qiang, WAN Xue, ZHANG Juan-Kun*

(Key Laboratory of Industrial Microbiology of the Ministry of Education, Tianjin Key Laboratory of Industrial Microbiology, College of Bioengineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract An electrochemical sensor has been developed for the selective determination of chlortetracycline (CTC) using the molecularly imprinted technique. A molecular imprinted polymer (MIP) on the surface of a glassy carbon electrode (GCE) was prepared by electropolymerization of *o*-aminophenol (OAP) in the presence of CTC in the sodium perchlorate (NaClO_4) solution using cyclic voltammetry (CV) . The electrochemical performance of the sensor was studied by using differential pulse voltammetry (DPV) . A linear relationship between the peak current difference and the CTC concentration was found in the range of $2.0 \times 10^{-8} - 6.1 \times 10^{-7}$ mol/L with the detection limit of 1.5×10^{-8} mol/L (3σ) . After regeneration by washing with the mixture of methanol and sulfuric acid , the sensor showed excellent reproducibility and good stability. The MIP electrode exhibited almost no response to chloramphenicol and penicillin , and very weak responses to tetracycline and oxytetracycline , proving a good selectivity. Recoveries of standard addition measured in the actual samples of milk and chicken meat were between 86.4% –96.9% . Compared with the reported methods , this sensor showed a low detection limit , simple operation without derivatization , rapid response and low cost.

Keywords Molecular imprinted polymer; Electrochemical sensor; o-Aminophenol; Chlortetracycline

(Received 12 August 2014; accepted 20 October 2014)

第六届亚太地区冬季等离子体光谱化学国际会议(第一轮通知)
(The 6th APWC, 2015 年 5 月 19 - 22 日)

由厦门大学主办,厦门大学化学化工学院承办的“第六届亚太地区冬季等离子体光谱化学国际会议”(The 6th AP-WC) 将于2015年5月19日—5月22日在福建厦门召开。会议名誉主席为黄本立院士(厦门大学),主席为杭纬教授(厦门大学)。

冬季等离子体光谱化学系列会议至今已有 30 余年的发展历史,该项会议一直是原子光谱分析领域最重要的高端国际学术会议。亚太地区冬季等离子体光谱化学会议起源于世界冬季等离子光谱会议。鉴于等离子体光谱发展迅速及其产生的巨大社会价值和社会影响,美国 ICP Information Newsletter, Inc. 着手创办亚太地区冬季等离子体光谱化学会议,取得了深远的影响。本次会议的举行将是我国谱学研究者向世界展示最新的研究成果,与国际同行进行学术交流,增进友谊的一次良机。

大会已邀请 Ramon Barnes 教授, Gary Hieftje 教授, Richard Russo 教授等国际著名学者及江桂斌院士、柴之芳院士、张新荣教授、杨芑原教授等国内知名学者共 50 多名专家做邀请报告。会议将包括以下议题: 等离子体光谱/质谱分析, 光谱分析仪器, 便携式光谱仪器, 元素形态分析, 固体分析, 环境分析, 食品和药物分析, 同位素分析, 激光辅助等离子体光谱化学, 新型等离子体光谱化学应用, 样品制备与引入等。并在多个领域的最新研究进展上开展广泛的学术与技术交流。

论文投稿

会议交流语言为英文。摘要/论文投稿截止日期为 2015 年 3 月 15 日,摘要要求及格式可在会议网站上(<http://apwc2015.xmu.edu.cn>)下载。摘要投稿需电邮到会议组秘书处邮箱(apwc2015@xmu.edu.cn),投稿成功后将会收到会议组的确认邮件确认。

联系方式: 秘书长: 林峻越女士, 殷志斌先生 传真: +86(592) 2183052 会议邮箱: apwc2015@xmu.edu.cn.