

抗癌药长春新碱及其与微管蛋白相互作用的电化学研究

于 泳^{a, b} 胡劲波^{*, a} 尚 军^a 李启隆^{a*}

(^a 北京师范大学化学系 北京 100875)

(^b 中国科学院力学研究所微重力实验室 北京 100080)

摘要 在 0.05 mol/L Tris, 0.15 mol/L NaCl 溶液中, 用吸附伏安法研究长春新碱(VCR), 其峰电位在 -1.68 V (vs. Ag/AgCl), 峰电流与 $1.0 \times 10^{-8} \sim 2.0 \times 10^{-7}$ mol/L VCR 浓度成正比, 检测限为 7.0×10^{-9} mol/L. 用常规脉冲极谱法、线性扫描和循环伏安法等研究该体系的电化学行为. 实验表明, 电极还原过程为具有吸附特征的不可逆过程. VCR 的吸附符合 Frumkin 吸附等温式. 也研究了 VCR 与微管蛋白的相互作用. 实验表明, VCR 与微管蛋白形成一电活性的结合物, 这一结合物具有吸附性, 且还原过程也为不可逆过程.

关键词 长春新碱, 伏安法, 吸附, 微管蛋白

Study on the Electrochemical Behaviors of Vincristine and the Interaction of Vincristine with Tubulin

YU, Yong^{a, b} HU, Jing-Bo^{*, a} SHANG, Jun^a LI, Qi-Long^a

(^a Department of Chemistry, Beijing Normal University, Beijing 100875)

(^b National Microgravity Laboratory, Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract A sensitive reduction peak of vincristine (VCR) is obtained by adsorptive stripping voltammetry in 0.05 mol/L Tris and 0.15 mol/L NaCl buffer solution. The peak potential is -1.68 V (vs. Ag/AgCl). The peak current is directly proportional to the concentration of VCR ($1.0 \times 10^{-8} \sim 2.0 \times 10^{-7}$ mol/L), with a detection limit of 7.0×10^{-9} mol/L. The electrochemical behavior of this system was studied by the methods of normal pulse polarography, linear-sweep and cyclic voltammetry. The reduction process is irreversible with adsorptive characteristics. The adsorption of VCR obeys the Frumkin isotherm. The electrochemical behavior of the binding of VCR to tubulin was studied by cyclic voltammetry. The results showed that the reaction of tubulin dimer with VCR formed an electrochemically active complex, and the reduction process of the complex is irreversible.

Keywords vincristine (VCR), voltammetry, adsorption, tubulin

长春新碱(Vincristine, VCR)是从长春花中分离出来的抗癌药物. 其结构式见图 1. 它能与细胞中的微管蛋白结合, 影响细胞中纺锤体的形成, 使有丝分裂停止于中期, 是对中期有效的周期特异性药物. 多年来被应用于治疗肿瘤疾病. 监测血浆和血清中药物的浓度可用于检查治疗的效果. HPLC 的研究表明, 药物排出体外时其结构并未发生改变^[1]. 测定 VCR 的方法有: 放射性免疫测定法^[2], 微生物测定法^[3], HPLC^[1]等. 电分析方法中曾用示差脉冲伏安法对 VCR 进行测定^[4], 对 VCR 的吸附波也进行了研究^[5]. 本工作研究

了 VCR 及其与微管蛋白相互作用的电化学行为.

1 实验部分

1.1 仪器

370-8 型电化学系统 (EG&G Princeton 公司), 三电极体系, 包括悬汞电极为工作电极, Ag/AgCl 电极为参比电极, 铂

* E-mail: hujingbo@bnu.edu.cn; Tel: (010) 62209398; Fax: (010) 62200567

Received March 23, 2003; revised July 14, 2003; accepted September 12, 2003.

国家自然科学基金(No. 20275007)资助项目.

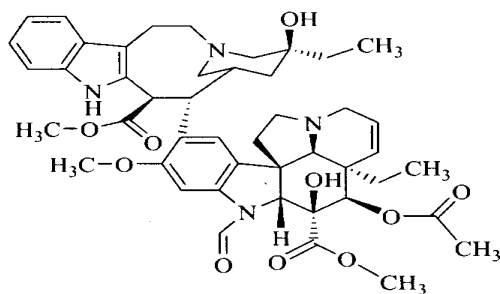


图1 VCR的结构

Figure 1 Structure of VCR

电极为对电极, JP303 示波极谱仪(成都仪器厂), 滴汞电极为工作电极, 参比电极为饱和甘汞电极, 辅助电极为铂电极. Beckman L8-M Ultracentrifuge 超速离心机. Beckman DU640 紫外可见分光光度计. 807 型数字 pH/ 离子计(广州登峰分析仪器厂). 501 超级恒温器(上海市上海县实验仪器厂).

1.2 试剂

用水配制 VCR 标准溶液 1.0×10^{-3} mol/L, 置于冰箱保存. 1.0 mol/L Tris (pH = 7.20) 和 1.5 mol/L NaCl 溶液. 用三次蒸馏水配制 2-氮-吗啡啉-乙磺酸(MES)缓冲液(100 mmol/L MES, 1 mmol/L EGTA, 0.5 mmol/L $MgCl_2$, 1 mmol/L GIP 或 ATP) 和 丙三醇-MES 缓冲液(100 mmol/L MES, 1 mmol/L EGTA, 0.5 mmol/L $MgCl_2$, 8 mol/L 丙三醇, 1 mmol/L GIP 或 ATP), 用 1 mol/L NaOH 溶液调节 pH 至 6.5, 用前加 GIP 或 ATP 至 1 mmol/L.

2 结果与讨论

2.1 微管蛋白的制备及其测定

2.1.1 微管蛋白的制备^[6]

从新鲜猪脑中提取微管蛋白, 此实验要求在 4℃ 冷室中, 或在冰浴中操作. 将新鲜猪脑组织称重后, 先剥除脑膜和大血管, 剪碎成约 0.5 ~ 1 cm² 组织块, 用冷 MES 缓冲液, 500 r/min 离心清洗 1 ~ 2 次; 再以每克脑组织加 0.5 ~ 1 mL MES 缓冲液的比例将脑组织碎块在 4℃ 或冰浴条件下制成匀浆. 将脑组织匀浆在 4℃, 105000 ×g 离心 1 h, 取上清液, 加入等体积丙三醇-MES 缓冲液, 置 37℃ 水浴保温 30 min(其间轻微搅动数次), 再在 26℃, 105000 ×g 条件下离心 1 h, 弃上清液, 用约 1/10 匀浆体积的冷 MES 缓冲液将沉淀物分散, 将此沉淀物悬液置于冰浴中 1 h, 使沉淀物溶解; 再将此液体按上述低温离心-高温离心循环步骤重复进行一次, 将双循环离心后获得的沉淀物, 用少量冷 MES 缓冲液在冰浴中溶解, 离心取其上清液即得微管蛋白. 将微管蛋白溶液分装, 存于液氮中备用.

2.1.2 微管蛋白纯度的测定

用 SDS 聚丙烯酰胺凝胶电泳测定^[7]. 其原理是: 将强阴离子去污剂 SDS 与某一还原剂并用, 并通过加热使蛋白质解

离后再加样于电泳凝胶上, 变性的多肽与 SDS 结合并因此而带负电荷, 由于多肽结合 SDS 的量几乎总是与多肽的分子量成正比而与其序列无关, 因此 SDS 多肽复合物在聚丙烯酰胺凝胶电泳中的迁移率只与多肽的大小相关. 借助已知分子量的标准参照物, 可测出多肽链的分子量. 用 10% 聚丙烯酰胺凝胶, 标准分子量参照物测定微管蛋白, 证明所提纯的为微管蛋白, 且纯度 95%.

2.1.3 微管蛋白浓度的测定

微管蛋白浓度的测定采用 Bradford 方法^[8]. 其原理是: 蛋白质与考马斯亮蓝结合形成复合物, 在酸性条件下引起考马斯亮蓝的最大吸收峰(λ_{max})由 455 nm 移到 595 nm 处, 在 595 nm 下反应产物的光吸收与蛋白质浓度有一定的线性关系, 可以定量测定蛋白质的浓度. 实际测定用牛血清蛋白或牛血浆-球蛋白作为标准蛋白制作标准曲线. 用 Beckman DU640 紫外可见分光光度计, 以 Bradford 方法, 测得微管蛋白溶液浓度为 16.5 mg/mL, 由于微管蛋白为 $\alpha_2\beta_2$ 二聚体形式存在, 分子量为 112000^[6], 考虑到纯度 95%, 则 $C_{tubulin} = 1.40 \times 10^{-4}$ mol/L.

2.2 实验条件的选择

2.2.1 支持电解质及其浓度的选择

由于 0.05 mol/L Tris 和 0.15 mol/L NaCl 溶液符合人体的生理条件, 因此, 选择 0.05 mol/L Tris (pH = 7.20) 和 0.15 mol/L NaCl 溶液作为支持电解质, 研究 VCR 在生理条件下的电化行为.

2.2.2 起始电位对峰电流的影响

起始电位小于 -1.1 V (vs. Ag/AgCl) 时, 峰电流随起始电位的负移而上升; 起始电位在 -1.1 ~ -1.3 V 之间变化时, 峰电流基本不变, 而 -1.3 V 之后, 峰电流随起始电位的负移而降低. 故选 -1.2 V 为最佳起始电位.

2.2.3 工作曲线及检出限

在 0.05 mol/L Tris (pH = 7.20), 0.15 mol/L NaCl 溶液中, 在预富集电位 -1.20 V 下搅拌富集 300 s 后, 以 100 mV/s 扫描, 峰电流与 VCR 浓度在 1.0×10^{-8} ~ 2.0×10^{-7} mol/L 成线性关系 ($R = 0.9969$), 检测限为 7.0×10^{-9} mol/L.

2.3 吸附性的研究

2.3.1 温度系数

当温度 $t < 44^\circ\text{C}$ 时, 峰电流随着温度上升而上升. 当 $t > 44^\circ\text{C}$ 时, 随着温度上升而下降. 这是由于温度上升, 使电极反应速度加快, 因而峰电流上升; 同时, 由于温度升高, 又使长春新碱容易脱附, 使峰电流下降. 当 $t < 44^\circ\text{C}$ 时, 前者大于后者, 使峰电流上升; 当 $t > 44^\circ\text{C}$ 时, 后者大于前者, 使峰电流下降. 温度系数在 $9 \sim 35^\circ\text{C}$ 之间时为 0.063 %/ $^\circ\text{C}$, 在 $35 \sim 44^\circ\text{C}$ 时为 0.024 %/ $^\circ\text{C}$, 在 $44 \sim 50^\circ\text{C}$ 时为 -0.015 %/ $^\circ\text{C}$.

2.3.2 连续循环伏安图

图 2 为 9.87×10^{-8} mol/L VCR 在 -1.20 V 处搅拌富集 300 s, 扫速 100 mV/s 时的连续循环伏安图. 如图所示, 还原峰电流随扫描次数的增加而下降, 逐渐达到一稳定值. 表明 VCR 具有吸附性; 无氧化峰的出现, 表明 VCR 的还原过程为

不可逆过程^[9].

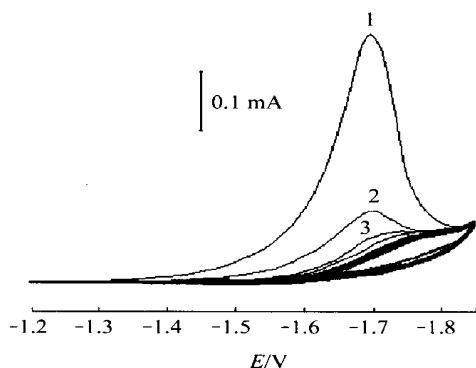


图2 连续循环伏安图

Figure 2 Repetitive cyclic voltammograms

0.05 mol/L Tris (pH = 7.20), 0.15 mol/L NaCl, $E_i = -1.20$ V (vs. Ag/AgCl), $\nu = 100$ mV/s, 9.87×10^{-8} mol/L VCR

2.3.3 常规脉冲极谱

常规脉冲极谱常用于反应物吸附性的研究. VCR 的常规脉冲极谱显示:在还原过程 -1.64 V 处出现一阴极峰,而在氧化过程中无峰出现,说明 VCR 反应物具有吸附性^[10].

2.3.4 富集时间的影响

峰电流 I_{pc} 随 t_{acc} 增加而增大,当达到某一富集时间 (9.87×10^{-8} mol/L VCR 时为 180 s, 1.41×10^{-6} mol/L VCR 时为 60 s) 后,峰电流趋向于一稳定值,表明 VCR 在汞电极上达到了吸附脱附平衡^[9].

2.3.5 扫速的影响

扫速对峰电位的影响表明,峰电流 I_{pc} 随扫速增加而增加,且峰电位后移.当 $c_{VCR} = 9.87 \times 10^{-8}$ mol/L 时,峰电流 I_{pc} 与扫速 ν 呈直线关系,与 $\nu^{1/2}$ 呈向上弯的曲线,表明 VCR 具有吸附性,此时电极过程受吸附控制;当 $c_{VCR} = 1.41 \times 10^{-6}$ mol/L 时,峰电流 I_{pc} 与扫速 ν 呈向下弯的曲线,而与 $\nu^{1/2}$ 呈直线关系,表明此时电极过程受扩散控制.

2.3.6 VCR 浓度 c 的影响

I_p/c 的值随着 VCR 浓度的增大而减小,最后趋于一稳定值.这充分说明,当浓度由低到高变化时,还原峰电流表现出由吸附控制到扩散控制的过渡.

2.4 参数 n 和 k^0 的测定

以 0.005 mol/L Tris (pH = 7.20), 0.015 mol/L NaCl 溶液为底液,氢波可以忽略不计.对于不可逆波,其 E_p 与扫速 ν 的关系式为^[11]:

$$E_p = E^{01} + \frac{RT}{nF} \ln k^0 - \frac{RT}{nF} \ln \nu$$

作 $E_p \sim \ln \nu$ 关系图(图3),在一定范围内呈直线关系,斜率为 $RT/nF = 0.033$. 由 $E_p \sim \nu$ 关系曲线外推可得 $E^{01} = -1.525$ V,及直线部分的截距 $= -1.76$ V,代入上式,得电极

表面吸附反应速率常数 $= 0.010 \text{ s}^{-1}$. 由斜率求得 $n = 0.85$, 因为 $0 < n < 0.5$, 所以得 $n = 2$, $k^0 = 0.425$. 采用半峰宽法,求出 $n = 0.85$, 这与 $E_p \sim \ln \nu$ 做图法所得数值一致.

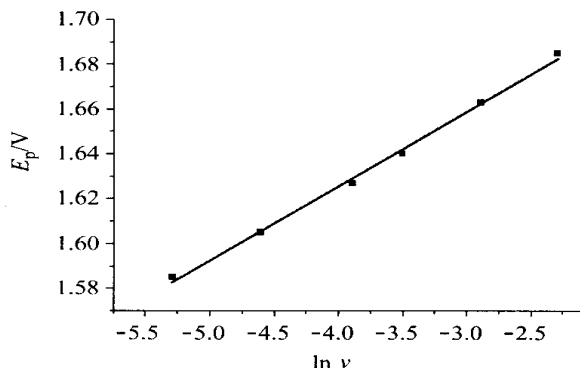


图3 峰电位与 $\ln \nu$ 关系图

Figure 3 Plot of the peak potential vs. $\ln \nu$

0.005 mol/L Tris (pH = 7.20), 0.015 mol/L NaCl, 1.12×10^{-7} mol/L VCR, other conditions are same as in Figure 2

2.5 吸附量和吸附等温式

2.5.1 吸附量的测定

测量吸附伏安峰所覆盖的面积可求出 VCR 在电极上还原所需的电量 Q , 利用公式 $Q = nFA\Gamma$, 其中 A 为电极面积, 可测量 VCR 在单位面积上的吸附量. 用剪称法求出 Q 值. 吸附量随着 VCR 浓度的增加而上升, 但浓度为 2.26×10^{-7} mol/L 时, 可计算出 VCR 在汞电极上的最大吸附量 $= 9.75 \times 10^{-8}$ mol/cm². 假设吸附的 VCR 分子间无空隙, 且为单分子层吸附, 则可求得在电极上单个 VCR 分子所占的面积为 1.7×10^{-17} cm².

2.5.2 吸附等温式

$-\ln \frac{c(1-\theta)}{\theta} \sim \theta$ 具有线性关系, 说明 VCR 吸附符合

Frumkin 吸附等温式. 由直线的斜率可求得 $\theta = 1.18$, 其值在 0 ~ 2 之间, 说明吸附态的 VCR 分子之间相互吸引. 由截距可求得吸附系数 $\theta = 3.7 \times 10^6$ L/mol. 由 $\theta = \exp(-G^0/RT)$ 可求得 25 °C 时的吸附自由能, $G^0 = -37.47$ kJ/mol. 表明反应物具有较大的吸附自发性.

2.6 VCR 与微管蛋白的相互作用

2.6.1 连续循环伏安图

图4为VCR和VCR-微管蛋白二聚体结合物的连续循环伏安图. 图4A为0.005 mol/L Tris, 0.05 mol/L NaCl (pH 7.10), $c_{VCR} = 2.06 \times 10^{-6}$ mol/L 中的VCR循环伏安图, 有一不可逆的还原峰, 峰电位为 -1.55 V (vs. Ag/AgCl). 加入 1.40×10^{-6} mol/L 微管蛋白后, 如图4B所示, 出现一还原峰, 还原峰电位为 -1.67 V. 峰电位产生负移, 表明VCR与微管蛋白发生了相互作用, 形成了电活性二聚体结合物. 由图4B还可见, 随扫描次数的增加, 峰电流下降, 最后达到一稳定值; 无氧化峰出现, 表明, 与VCR本身还原一样, VCR-微管蛋白二聚体结合物具有吸附性的不可逆过程.

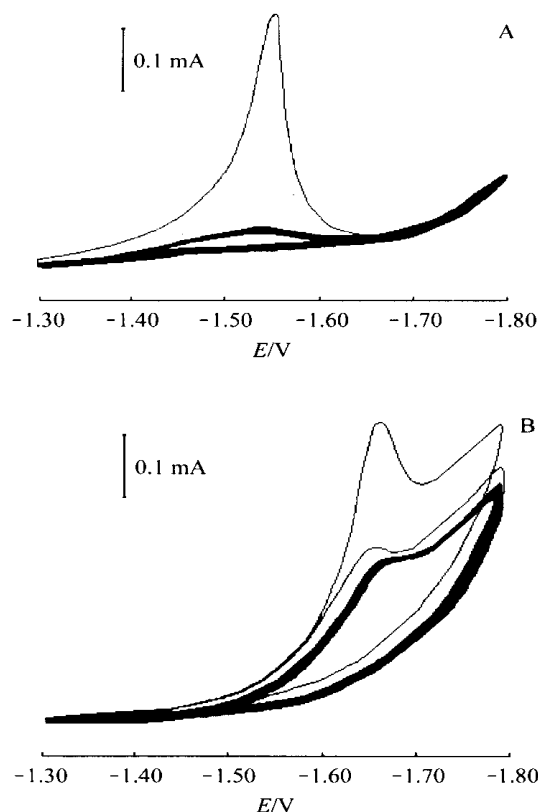


图4 VCR和VCR-tubulin连续循环伏安图

Figure 4 Repetitive cyclic voltammograms of VCR and VCR-tubulin dimer complex

A. 0.005 mol/L Tris, 0.05 mol/L NaCl (pH = 7.10), $c_{\text{VCR}} = 2.06 \times 10^{-6}$ mol/L, $v = 100$ mV/s, $E_i = -1.30$ (vs. Ag/AgCl) at 37 °C, $t_{\text{acc}} = 100$ s; B. A + $c_{\text{tubulin}} = 1.40 \times 10^{-6}$ mol/L

2.6.2 富集时间的影响

当 $c_{\text{VCR}} = 2.68 \times 10^{-7}$ mol/L 和 $c_{\text{tubulin}} = 1.40 \times 10^{-7}$ mol/L 时, 随富集时间 t_{acc} 的延长, VCR-微管蛋白二聚体结合物峰电流 I_{pc} 随 t_{acc} 增加而增大, 当 $t_{\text{acc}} = 500$ s 后, 峰电流趋向一稳定值, 表明 VCR 在汞电极上达到了吸附平衡。

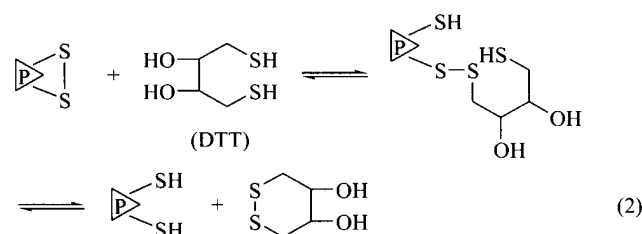
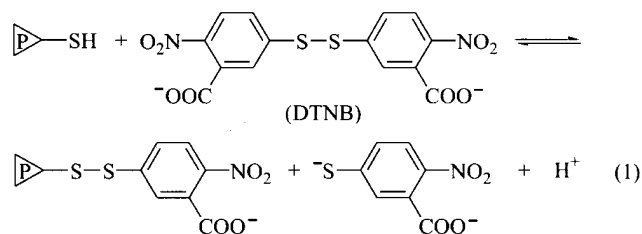
2.6.3 扫速的影响

峰电流 I_{pc} 随扫速增加而增加, 且峰电位后移。当 $c_{\text{VCR}} = 2.68 \times 10^{-7}$ mol/L 和 $c_{\text{tubulin}} = 1.40 \times 10^{-7}$ mol/L 时, 峰电流 I_{pc} 与扫速 v 呈直线关系, 与 $v^{1/2}$ 呈向上弯的曲线, 表明体系具有吸附性, 此时电极过程受吸附控制; 当 $c_{\text{VCR}} = 2.06 \times 10^{-6}$ mol/L, $c_{\text{tubulin}} = 1.40 \times 10^{-6}$ mol/L 时, 峰电流 I_{pc} 与扫速 v 呈向下弯曲的曲线, 而与 $v^{1/2}$ 呈直线关系, 表明此时体系受扩散控制, 与未加入微管蛋白时一样。

2.6.4 化学修饰对 VCR-微管蛋白二聚体结合的影响

对微管蛋白中的巯基和双硫键进行修饰, 来探测这两个基团是否参与了微管蛋白与 VCR 的相互作用。由于巯基具有很强的亲核性, 巯基基团一般是蛋白质分子中最容易反应的侧链基团。5,5'-二硫-2-硝基苯甲酸 (DTNB), 又称 Ellman 试剂, 是目前最常用的定量测定蛋白质分子巯基数目的试剂。DTNB 可以与巯基反应形成二硫键, 使蛋白质分子上标

记 1 个 2-硝基-5-硫苯甲酸 (TNB), 同时释放 1 个有很强颜色的 TNB 阴离子。二硫苏糖醇 (DTT) 可以将二硫键还原为巯基。下面列出了反应方程式^[12]:



DTT 和 DTNB 对长春新碱峰形、峰电流并不影响。按照前面描述的方法, 微管蛋白二聚体的巯基和双硫键被 DTT 和 DTNB 修饰, 然后加到含有 VCR 的电解池中, 发现仍然迅速出现 VCR-微管蛋白二聚体的结合物峰, 与微管蛋白未被修饰时相同。这一实验结果表明微管蛋白二聚体表面的巯基和双硫键可能未参与 VCR 的结合。

2.6.5 VCR 与微管蛋白二聚体相互作用的紫外光谱图

图 5 及图 6 为 VCR 与微管蛋白二聚体相互作用的紫外

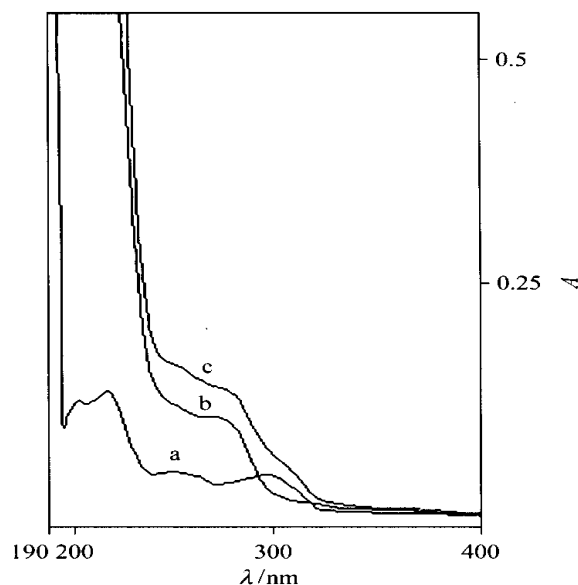


图5 紫外吸取光谱

Figure 5 Absorption spectra at 37

s = 0.005 mol/L Tris and 0.05 mol/L NaCl, pH = 7.10; (a) s + 2.68×10^{-6} mol/L VCR vs. s; (b) s + 1.20×10^{-6} mol/L tubulin vs. s + MES 85 μL ; (c) a + 1.20×10^{-6} mol/L tubulin vs. s + MES 85 μL .

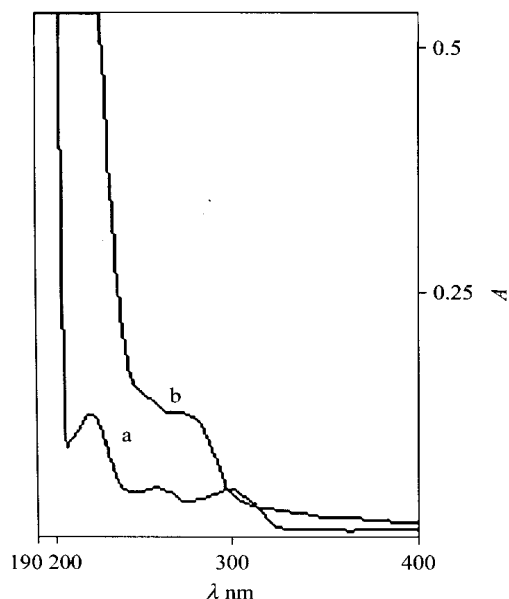


图6 紫外吸取光谱

Figure 6 Absorption spectra at 37

$s = 0.005 \text{ mol/L Tris}$ and 0.05 mol/L NaCl ($\text{pH} = 7.10$); (a) $s + 2.68 \times 10^{-6} \text{ mol/L VCR} + 1.20 \times 10^{-6} \text{ mol/L tubulin}$ vs. $s + 1.20 \times 10^{-6} \text{ mol/L tubulin}$; (b) $s + 2.68 \times 10^{-6} \text{ mol/L VCR} + 1.20 \times 10^{-6} \text{ mol/L tubulin}$ vs. $s + 2.68 \times 10^{-6} \text{ mol/L VCR} + \text{MES } 85 \mu\text{L}$

光谱图.由图5可以看出,在37 °C恒温下,0.005 mol/L Tris, 0.05 mol/L NaCl 缓冲溶液($\text{pH} = 7.10$)中,VCR在紫外-可见区的吸收峰位于190, 206, 220, 253和298 nm,微管蛋白二聚体的吸收峰位于310, 280和194 nm.在VCR溶液中加入微管蛋白二聚体后,其吸收峰与微管蛋白二聚体的吸收峰略有上升.特别在190~300 nm之间, $\text{VCR} + \text{tubulin} < \text{VCR} + \text{tubulin}$,有减色效应.图5中的a曲线与图6中的a曲线均为VCR的紫外-可见吸收;图5中的b曲线与图6中的b曲线均为微管蛋白二聚体的紫外-可见吸收,只是参比不同.比较两图,如果长春新碱与微管蛋白二聚体无相互作用,则两图中的a与a, b与b应该相同.两图中a与a不同,图6中的a曲线中210 nm峰消失.长春新碱的紫外-可见吸收峰发生了变化,说明长春新碱与微管蛋白二聚体发生了相互作用;b与b相同,是因为虽然长春新碱与微管蛋白二聚体发生了相互作用,但微管蛋白二聚体是一个高分子物质,其结

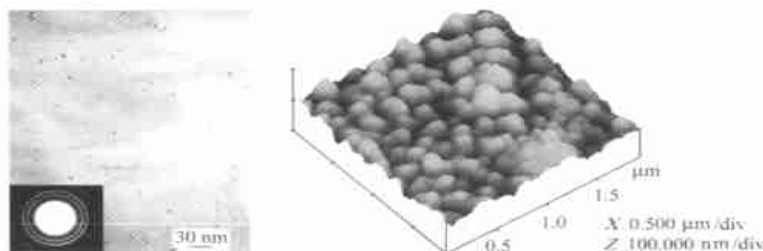
构微弱的改变可能并不能影响紫外-可见的吸收.

References

- 1 Castle, M. C.; Mead, J. A. *Biochem. Pharmacol.* **1978**, 27, 37.
- 2 Carmel, R. *Am. J. Clin. Pathol.* **1978**, 69, 137.
- 3 Dixon, G. J.; Dulmage, E. A.; Mellet, L. B. *Am. J. Clin. Pathol.* **1969**, 29, 1810.
- 4 Temizer, A. *Talanta* **1986**, 32(10), 792.
- 5 Wang, J.; Zadeii, J.; Shanlin, M. J. *Electroanal. Chem.* **1987**, 237, 281.
- 6 Li, Z. R.; Liu, Z. L.; Sun, Y. H.; Han, R.; Yin, M. B.; Ye, Q. R. *Acta Pharmaceutica Sinica* **1986**, 21, 651 (in Chinese).
(李占荣, 刘志林, 孙润华, 韩锐, 尹明标, 叶群瑞, 药学报, **1986**, 21, 651.)
- 7 Sambrook, J.; Fritsch, E. F.; Maniatis, T. (translated by Jin, D. Y.; Li, M. F.) *Molecular Cloning: A Laboratory Manual* 2nd ed., Science Press, Beijing, **1995**, p. 880 (in Chinese).
(萨姆布鲁克J., 弗里奇 E. F., 曼尼阿蒂斯 T. 著, 金冬雁, 黎孟枫译, 分子克隆实验指南(第二版), 科学出版社, 北京, **1995**, p. 880.)
- 8 Ausubel, F. M.; Brent, R.; Kingston, R. E. *Short Protocols In Molecular Biology*, 3rd ed., John Wiley & Sons, New York, **1995**, p. 10.
- 9 Li, Q. L.; Chen, S. A. *Anal. Chim. Acta* **1993**, 282, 145.
- 10 Anson, F. (translated by Huang, W. Z.) *Electrochemistry and Electroanalytical Chemistry*, Peking University Press, Beijing, **1983**, p. 45 (in Chinese).
(Anson, F. 著, 黄慰曾等编译, 电化学和电分析化学, 北京大学出版社, 北京, **1983**, p. 45.)
- 11 Ji, G.; Li, Q. L. *Chem. J. Chin. Univ.* **1991**, 11, 1642 (in Chinese).
(纪刚, 李启隆, 高等学校化学学报, **1991**, 11, 1642.)
- 12 Zhou, H. M.; Wang, H. R. *Modification of Proteins*, Tsinghua University Press, Beijing, **1998**, p. 1, p. 19 (in Chinese).
(周海梦, 王洪睿, 蛋白质化学修饰, 清华大学出版社, 北京, **1998**, p. 1, p. 19.)

(A0303208 LU, Y. J.; FAN, Y. Y.)

Synthesis of Pt Nanoparticles Modified with Cation Ions and Its Self-assembly on Nafion Membrane



Pt particles modified with quaternary ammonium cation were electrostatic self-assembled on the surface of Nafion membrane. A reasonable mathematic model was put forward and the results were used to explain the experiment results.

TANG, Hao-Lin; PAN, Mu; YUAN, Rur-Zhang
Acta Chimica Sinica **2004**, 62(2), 127

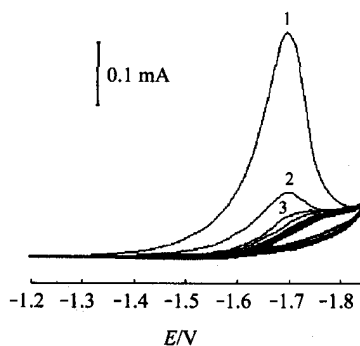
Application in Image Processing of Nonlinear Light-excitable Membrane Containing Ru(bpy)₃Cl₂



The light-excitable membrane containing Ru(bpy)₃Cl₂ as photocatalyst could catalyze the Belousov-Zhabotinsky (BZ) reaction by illumination. A fine-definition image processing could be auto-performed when projecting a picture on this medium. The boundary of the image formed in membrane was enhanced evidently.

GU, Qiang; ZOU, Ai-Hua; WANG, Yóng;
YUAN, Chun-Wei
Acta Chimica Sinica **2004**, 62(2), 131

Study on the Electrochemical Behaviors of Vincristine and the Interaction of Vincristine with Tubulin

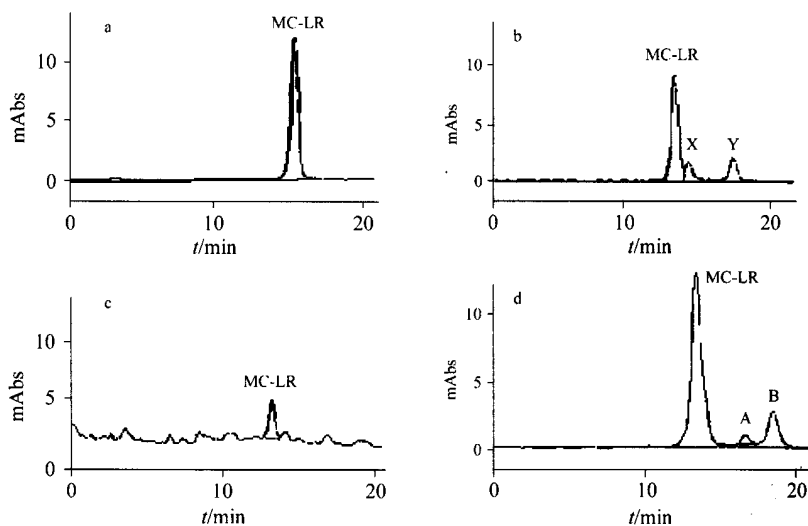


A sensitive reduction peak of vincristine (VCR) is obtained by adsorptive stripping voltammetry in 0.05 mol/L Tris and 0.15 mol/L NaCl buffer solution. The peak potential is -1.68 V (vs. Ag/AgCl). The peak current is directly proportional to the concentration of VCR, with a detection limit of 7.0×10^{-9} mol/L. The electrochemical behavior of this system was studied by the methods of normal pulse polarography, linear sweep and cyclic voltammetry.

YU, Yóng; HU, Jing-Bo; SHANG, Jun; LI, Qi-Long

Acta Chimica Sinica **2004**, 62(2), 137

Photodegradation Dynamics of Pure Microcystin Variants with Illumination of Fixed Wavelength UV-lights



CHEN, Wei; GAN, Nan-Qin; SONG, Li-Rong
Acta Chimica Sinica **2004**, 62(2), 142

Chromatograms of MC-LR and MC-RR at different time after lighting with weaker UV irradiation.