

阳离子铝酞菁-黏多糖缔合物荧光探针测定生物样品中的溶菌酶

陈林 黄萍 杨惠卿 邓雅斌 李东辉*

(厦门大学医学院抗癌研究中心, 厦门 361102)

摘要 在弱酸性介质中, 具有红区发射特性的强荧光化合物阳离子铝酞菁(TTMAAlPc)在带磺酸基团的低浓度阴离子黏多糖(肝素, HP)的存在下, 发生诱导聚集, 导致酞菁荧光几乎完全猝灭。此聚集缔合物可作为溶菌酶的荧光底物, 在溶菌酶的水解作用下, HP 降解为小分子片段, 破坏了 TTMAAlPc 的诱导聚集行为而使其释放, 体系荧光显著恢复。据此现象, 建立了测定溶菌酶的新方法。结合荧光光谱与荧光各向异性技术对反应机理进行了探讨。确定了最佳反应条件(醋酸缓冲体系, pH 4.0、反应温度 70 °C、反应时间 30 min), 考察了共存物质的影响。在最佳条件下, 方法的线性回归方程为 $y = -30.12121 + 214.65772x$, $r = 0.99871$, 线性范围为 0.2 ~ 2 mg/L, 检出限 0.015 mg/L。本研究操作简便且有良好的选择性和灵敏度。本方法用于溶菌酶实际样品的测定, 并与常规的比浊法进行了比较, 结果符合良好。本研究将阳离子金属酞菁荧光探针用于酶分析, 开拓了酞菁荧光探针的应用范围。

关键词 溶菌酶; 酞菁; 荧光; 测定

1 引言

溶菌酶(Lysozyme, LSZ)广泛存在于禽类的蛋清中和哺乳动物的泪液、唾液、血浆、尿、乳汁、白细胞及其他体液(如淋液)及组织(如肝、肾)细胞内^[1]。由于溶菌酶能催化水解细胞壁主成分之一的黏多糖中的 *N*-乙酰胞壁酸和 *N*-乙酰氨基葡萄糖之间的 β -1,4 糖苷键^[2], 使细胞壁不溶性多糖分解成可溶性糖肽, 导致细菌内容物逸出而使细胞壁溶解, 从而起到杀菌作用。因而, 溶菌酶在医药和食品工业中应用广泛^[3], 其定量分析也是日常工作的重要环节。

溶菌酶常用的检测方法有比浊法^[4]、琼脂糖扩散法^[5]、高效液相色谱法(HPLC)^[6]、荧光法^[7,8]、基于原子力显微镜的微悬臂传感器法^[9]、共振瑞利散射法^[10]、质谱法(MS)^[11,12]、酶联免疫吸附法(ELISA)^[13]等, 上述方法或需抗体等昂贵试剂, 或使用大型仪器, 操作步骤较复杂, 有的方法还需无菌条件。因此, 建立简便快速的溶菌酶测定法具有现实意义。

酞菁化合物由于具有优良的光物理、光化学性质, 自 20 世纪 80 年代起即受到了广泛的研究应用。作为光动力治疗光敏剂则是其在生物医学领域最重要的研究方向。90 年代中后期, 酞菁化合物作为荧光探针的研究开始引起关注, 但所涉及的酞菁化合物基本为阴离子和非离子酞菁。阳离子酞菁的合成与应用虽也一定有报道, 但数量很少, 且研究内容仍然主要集中于光动力治疗方面, 直到近年才有阳离子酞菁与生物大分子相互作用的报道^[14]。本研究所用的阳离子铝酞菁(Tetra(trimethylammonio)aluminum phthalocyanine, TTMAAlPc, 结构见图 1)是一种红区荧光探针, 具有激发、发射在红区、荧光性质稳定、量子产率高等特点。带有强阴离子的黏多糖肝素(Heparin, HP)可诱导 TTMAAlPc 聚集而导致其荧光显著猝灭。研究表明, 加入溶菌酶后, TTMAAlPc-HP 体系荧光显著恢复。本研究以 TTMAAlPc-HP 为新型底物建立了溶菌酶荧光定量分析新方法, 并对其机理进行了探讨。

2 实验部分

2.1 仪器与试剂

LS-55 型荧光分光光度计(美国 PerkinElmer 公司); 电热恒温水浴锅(上海精密试验设备有限公

2014-01-14 收稿; 2014-03-13 接受

本文系国家自然科学基金重大研究计划项目(No. 90206016)、福建省科技重点项目(No. 2012Y0081)、福建省属公益类科研院所基本科研专项(No. 2010R1039-3)

* E-mail: Lidh@xmu.edu.cn

司); DC-3006 低温恒温槽(宁波新芝生物科技股份有限公司); CHN81801 pH 酸度计(美国奥立龙公司); 1cm 石英比色皿; 精密天平(Germany Sartorius 公司); 漩涡混匀器(常州国华电器有限公司); OMNI 实验室超纯水系统(锐思捷科学仪器有限公司)。

阳离子铝酞菁, 由本实验室按文献 [14] 合成并纯化; 肝素(上海化学试剂分装厂); 溶菌酶标准品(9000 U/mg, 中国科学院生物化学研究所); 溶菌酶含片(每片 20 mg, 12.5 万单位, 上海长城药业有限公司); 溶菌酶肠溶片(每片 50 mg, 31.25 万单位, 湖北威尔曼制药有限公司)。其它试剂均为分析纯, 实验用水为高纯水。

2.2 实验方法

于 4 mL 离心管中依次加入 300 μ L HAc-NaAc 缓冲液 (pH 4.0, 0.2 mol/L)、30 μ L 0.1 mmol/L TTMAAlPc 溶液、13.4 μ L 0.1 g/L HP 溶液, 待混匀后加入不同浓度的酶液, 加水至 3 mL, 振荡器混匀后于 70 $^{\circ}$ C 水浴反应 30 min, 放置 30 min 冷却至室温。以试剂空白为参比, 用 1 cm 石英比色皿在 610 nm 波长处测量反应体系荧光强度, 发射扫描范围为 650 ~ 750 nm, 激发和发射带宽分别为 5 和 6 nm, 测定温度为室温。试剂空白记为 I_0 , 含有溶菌酶的记为 I_f , 荧光强度差 $\Delta I_f = I_f - I_0$, 荧光恢复倍数 $n = I_f / I_0$ 。

3 结果与讨论

3.1 TTMAAlPc 的分子结构与光谱特性

酞菁的母体结构类似卟啉, 具有高度的对称性, 又称杂氮卟啉。TTMAAlPc 外周的 4 个苯环上各有一个强极性的阳离子基团, 在水中溶解度较高。TTMAAlPc 的荧光发射峰(683nm) 处于红区, 其激发带有两个, 一个位于紫外区, 称为 Soret 带; 另一个位于长波区, 称为 Q 带。如采用短波激发, 会在其倍频处产生二级散射(散射峰在 700 nm 处, 接近荧光发射峰), 为避开散射光的干扰, 激发波长选择在长波处(610 nm)。

图 2 为 TTMAAlPc-HP 体系的激发和发射光谱。在弱酸性条件下, TTMAAlPc 带正电荷, 易受到带有磺酸根阴离子的高分子黏多糖 HP 的诱导缔合作用而发生聚集, 导致体系荧光几乎完全猝灭。加入溶菌酶后, 由于其对 HP 的水解作用, TTMAAlPc-HP 之间的缔合聚集平衡遭到破坏, 体系中 TTMAAlPc 被释放, 体系荧光显著恢复。

3.2 反应机理探讨

为进一步考察反应的机理, 采用荧光各向异性技术对反应体系进行研究。荧光各向异性(文献中也常用荧光偏振)与分子的运动相关, 分子的结合、解离、降解或构象变化都可引起分子运动行为的改变, 从而引起荧光各向异性的变化。而且, 荧光各向异性技术可实现均相测量, 这使其在生物化学与分子生物学的研究中有大量的应用, 是研究分子相互作用的有力工具^[15]。

对溶液中游离的小分子荧光探针(即阳离子铝

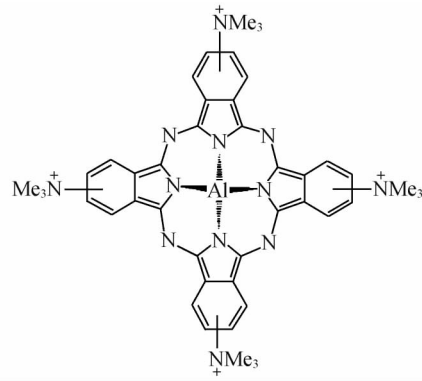


图 1 阳离子铝酞菁的分子结构

Fig. 1 Molecular structure of tetra(trimethylammonio)aluminum phthalocyanine (TTMAAlPc)

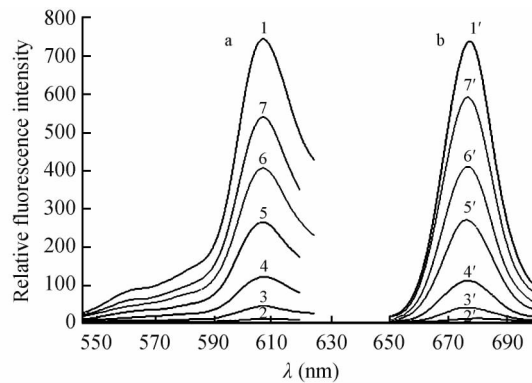


图 2 溶菌酶的存在对 TTMAAlPc-HP 体系的激发光谱(a)和发射光谱(b)的影响

Fig. 2 Excitation (a) and emission (b) spectra of TTMAAlPc-heparin (HP) in the absence and presence of lysozyme (LSZ) with increasing concentration

1, 1'. Buffer + TTMAAlPc, [TTMAAlPc] = 1×10^{-6} mol/L; 2, 2'. Buffer+TTMAAlPc +HP, [TTMAAlPc] = 1×10^{-6} mol/L, [HP] = 0.45 mg/L; 3, 3', 4, 4', 5, 5'. Buffer+TTMAAlPc+HP +LSZ, [TTMAAlPc] = 1×10^{-6} mol/L, [HP] = 0.45 mg/L, concentrations of LSZ for curves 3-7 and 3'-7': 0.6 mg/L, 1.0 mg/L, 1.5 mg/L, 2.0 mg/L, and 2.5 mg/L.

酞菁) ,其转动速率通常比荧光发射的速率要快。此种情况下 ,荧光体将发生消偏现象(即测量的荧光各向异性值减小)。肝素是一种粘多糖 ,若与 TTMAAIPc 结合 ,TTMAAIPc 的运动速率将显著减小 ,相应地体系的荧光各向异性也将随之变大。而由于溶菌酶能水解多糖骨架^[16,17] ,因此可以推测 ,在 TTMAAIPc-HP 缔合体系中加入溶菌酶后 ,HP 将被水解成小片段 ,荧光探针的转动速率变大 ,体系荧光各向异性将变小 ,即可通过反应体系荧光各向异性的变化来考察溶菌酶对多糖的水解反应。

固定 TTMAAIPc 的浓度 ,改变 HP 的浓度 ,测定不同 HP 浓度下体系的荧光强度 I_f 和荧光各向异性值 r ,作出 $I_f \sim c$ 曲线(图 3a) 和 $r_1 \sim c$ 曲线(图 3b) 。由图 3a 确定 TTMAAIPc 完全结合时 HP 的浓度 ,固定此时 TTMAAIPc 和 HP 的浓度(6 mg/L) ,加入梯度浓度的溶菌酶 ,测定荧光各向异性值 r 。低浓度 HP 的存在对 TTMAAIPc 产生诱导聚集作用使体系荧光显著猝灭 ,由于探针的浓度是固定的 ,随着 HP 浓度增加 ,TTMAAIPc 被逐步分散开 ,即探针分子发生了解聚 ,因此体系的荧光显著恢复并最终趋于稳定(图 3a) ,表明 TTMAAIPc 已被 HP 完全结合并解聚。随着 HP 浓度的增加 ,体系的荧光各向异性值也逐步增加 ,直至达到一个平台(图 3b) ,这表明 TTMAAIPc 与 HP 逐步作用 ,直至最后被全部结合。此时加入溶菌酶 ,随着反应的进行 ,体系荧光各向异性逐步降低 ,显示标记底物(即 TTMAAIPc-HP 缔合物) 被溶菌酶逐步水解 ,形成小分子片段而使测定体系的荧光各向异性减小 ,进一步佐证了对反应机理的推测。值得指出的是 ,荧光各向异性测量的主要干扰因素来自于散射光 ,而 TTMAAIPc 的发射在长波区 ,可显著降低背景散射的干扰(因为散射光与波长的四次方成反比) ,这有利于荧光各向异性的准确测定。

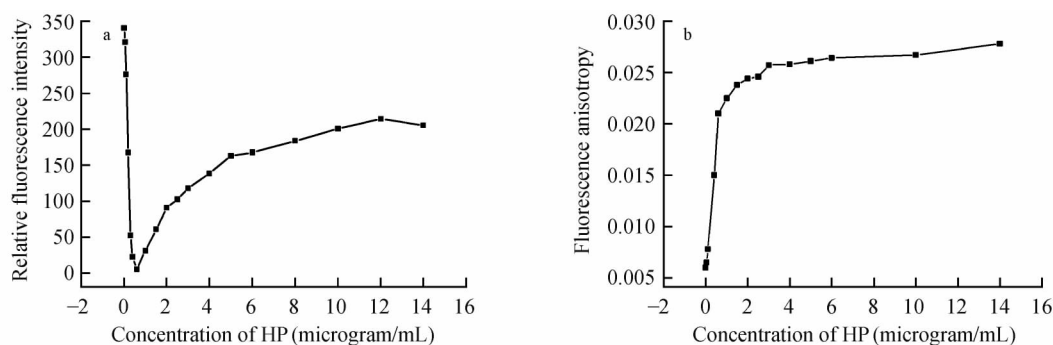


图 3 不同 HP 浓度对 TTMAAIPc 的荧光强度 (a) 和荧光各向异性 (b) 的影响

Fig. 3 Variations in both fluorescence intensity (a) and anisotropy (b) of TTMAAIPc with increasing concentrations of HP

3.3 实验条件的优化

3.3.1 酸度的影响 溶菌酶是一种碱性蛋白质 ,其 pI 为 11.0 ~ 11.3。酶结构在 pH 1.2 ~ 11.3 范围内能维持稳定 ,但在碱性介质活性较低^[18]。采用 B-R 缓冲体系 (pH 2 ~ 8) ,考察了介质酸度对体系荧光恢复程度的影响。结果表明 ,溶菌酶在酸性介质中的活性高于在碱性介质中的活性 ,活性最高时 $pH=4.0$ 。

3.3.2 缓冲体系的选择 考察了几种 pH 4.0 的缓冲体系对反应体系相对荧光强度的影响。结果表明 ,HAc-NaAc 缓冲液、邻苯二甲酸氢钾-HCl 缓冲液、丁二酸-NaOH 缓冲液效果较好 ,因 HAc-NaAc 是常用缓冲体系 ,故选用其为反应介质。

3.3.3 反应时间的影响 反应 25 min 后即可达到平衡 ,并可在 24 h 内维持稳定 ,表明反应体系有较好的稳定性。本实验选择 30 min 为反应时间。

3.3.4 温度的影响 考察了不同温度条件下溶菌酶活力的变化 ,在 20 ~ 70 °C 范围内 ,溶菌酶的活力随温度升高而增强 ,70 °C 时达到最大值 ;温度超过 70 °C ,溶菌酶的活力下降。本实验反应温度为 70 °C。

3.4 标准曲线

在最佳条件下 ,测定溶菌酶的工作曲线 ,反应体系的荧光强度和溶菌酶浓度在一定范围内具有良好的线性关系。线性回归方程为 $y = -30.12121 + 214.65772x$, $r = 0.99871$,线性范围为 0.2 ~ 2 mg/L ,检出限为 0.015 mg/L。

3.5 共存物质的干扰

对测定溶菌酶常见的干扰物质进行了考察(表 1)。取溶菌酶的考察浓度为 1.0 mg/L,最大允许误差为 5%。结果表明,蛋白质和某些氨基酸的干扰较大。常见的金属离子、无机酸根、核酸、糖类、维生素和表面活性剂等干扰很小,其中葡萄糖的最大耐受浓度可达 66.7 mg/L。

表 1 常见干扰物质对溶菌酶测定的影响(lysozyme = 1 mg/L)

Table 1 Influence of coexisting substances on determination of lysozyme(lysozyme = 1 mg/L)

物质名称 Substance	浓度 Concentration (g/L)	相对误差 Relative error (%)	物质名称 Substance	浓度 Concentration (g/L)	相对误差 Relative error (%)
Ag ⁺	1.80×10 ⁻⁴	-6.0	白氨酸 Leucine	3.33×10 ⁻⁶	-3.5
Cd ⁺	1.87×10 ⁻³	-4.4	苏氨酸 Threonine	1.67×10 ⁻⁵	-4.9
Ca ²⁺	2.67×10 ⁻³	-5.3	脯氨酸 Proline	3.33×10 ⁻⁶	-4.6
Co ²⁺	9.83×10 ⁻⁵	-4.8	蛋氨酸 Methionine	3.33×10 ⁻⁷	-4.9
Ba ²⁺	4.57×10 ⁻²	-4.8	组氨酸 Histidine	1.67×10 ⁻⁶	-5.4
Zn ²⁺	2.17×10 ⁻⁴	-5.5	人血清白蛋白 Human serum albumin	5.00×10 ⁻⁶	-4.1
Pb ²⁺	6.90×10 ⁻⁴	-4.6	牛血清白蛋白 Bovine serum albumin	3.33×10 ⁻⁶	-3.7
Hg ²⁺	0.27×10 ⁻²	-4.2	Ct DNA	5.00×10 ⁻⁶	-3.1
Cu ²⁺	2.56×10 ⁻²	4.0	鲱鱼精 DNA Herringsperm DNA	3.33×10 ⁻⁶	-4.1
Al ³⁺	0.45×10 ⁻³	-4.0	鲑鱼精 DNA Salmon sperm DNA	3.33×10 ⁻⁶	-3.9
F ⁻	1.90×10 ⁻⁵	4.2	葡萄糖 Glucose	6.67×10 ⁻²	-4.6
Cl ⁻	1.75×10 ⁻²	-3.5	蔗糖 Sucrose	1.00×10 ⁻²	-5.4
Br ⁻	1.33×10 ⁻²	-3.8	甘油 Glycerin	1.67×10 ⁻³	-4.5
I ⁻	1.91×10 ⁻²	-4.9	VB ₆	6.67×10 ⁻³	-4.0
NO ₃ ⁻	1.03×10 ⁻³	-4.1	CTAB	2.00×10 ⁻⁴	11.0
SO ₄ ²⁻	2.88×10 ⁻³	-4.3	CTAC	0.67×10 ⁻³	8.2
PO ₃ ³⁻	2.63×10 ⁻³	-4.2	SDBS	1.67×10 ⁻³	-4.4
EDTA	1.24×10 ⁻³	-4.4	Triton X-100	1.67×10 ⁻³	-4.1
硼酸 Boric acid	6.67×10 ⁻³	-4.9	Tween 80	1.67×10 ⁻³	-5.6
无水乙醇 Ethanol	7.67×10 ⁻⁴	-4.1			

3.6 实际样品的测定

将本方法应用于溶菌酶含片和溶菌酶肠溶片中溶菌酶含量的测定,并与常规的比浊法进行比较,结果列于表 2。两种方法的测定结果基本相符。两种药品的预处理均参照《中华人民共和国卫生部药品标准》二部第六册(生化药品第一分册)中相应的处理方法。

患有咽炎、鼻窦炎时,患者的唾液溶菌酶含量升高;也有人报道随着牙龈炎症水平的升高,患者的溶菌酶活性下降。环境污染也可使唾液溶菌酶活性降低。因此,溶菌酶的测定在临床上可用作某些疾病的辅助诊断^[19]。

用吐唾法收集非刺激性全唾液 1~2 mL,5000 r/min 离心 3 min,不经稀释,准确吸取 7 μL 上清液,按 2.2 节方法直接进行测定。目前,尚缺乏人体各种体液溶菌酶的正常值,所以与其它文献报道的结果(207~817 mg/L)相比^[20],基本相符(结果见表 2)。

4 结 论

本实验基于离子缔合作用的原理,以阳离子铝酞菁和阴离子黏多糖肝素构成溶菌酶的新型红区荧光底物,建立了溶菌酶定量分析新方法,该法简便、快速、抗干扰能力较强,并实现了实际样品中溶菌酶简便、快速、准确的测定,开拓了阳离子酞菁红区荧光探针的应用。

表 2 实际样品分析结果

Table 2 Analytical results of real samples

样品 Sample	溶菌酶含量 Content of lysozyme		相对标准差 RSD (%)	加入量 Added (μg)	回收率 Recovery (%)
	本方法 This method (U/mg)	比浊法 Turbidimetry (U/mg)			
溶菌酶含片 Lysozyme tablets	2700	2666	1.58	4.5	97.9 ~ 102.7
溶菌酶肠溶片 Lysozyme enteric-coatlet tablets	2925	2933	1.28	4.5	99.0 ~ 103.3
唾液样品 1 Saliva samples 1	457 mg/L		1.23	3	98.5 ~ 102.6
唾液样品 2 Saliva samples 2	363 mg/L		2.32	3	99.7 ~ 100.7
唾液样品 3 Saliva samples 3	383 mg/L		2.04	3	98.4 ~ 101.9

References

- LIN Xiang-Yang, HE Cheng-Yun, RUAN Rong-Sheng, LIU Yu-Huan, ZHENG Dan-Dan, ZHU Rong-Bi. *China Food Additives*, **2005**, (6): 103-106
林向阳, 何承云, 阮榕生, 刘玉环, 郑丹丹, 朱榕璧. *中国食品添加剂*, **2005**, (6): 103-106
- Chipman D M, Grisaro V, Sharon N. *J. Bio. Chem.*, **1967**, 242(19): 4388-4394
- HUANG Shan, XIAO Qi, HE Zhi-Ke, LIU Yi. *Chem. J. Chinese Universities*, **2009**, (10): 1951-1955
黄珊, 肖琦, 何治柯, 刘义. *高等学校化学学报*, **2009**, (10): 1951-1955
- Levashov P A, Sedov S A, Shipovskov S, Belogurova N G, Levashov A V. *Anal. Chem.*, **2010**, 82(5): 2161-2163
- Modeer T, Soder P O. *Scand. J. Dent. Res.*, **1971**, 79(7): 533-535
- Liao Y H, Brown M B, Martin G P. *J. Pharm. Pharmacol.*, **2001**, 53(4): 549-554
- Hannig C, Spitzmueller B, Hannig M. *Clin. Oral Invest.*, **2009**, 13(1): 15-21
- Helal R, Melzig M F. *Pharmazie*, **2008**, 63(6): 415-419
- WANG Cheng-Yin, WANG De-Yan, WANG Guo-Xiu, HU Xiao-Ya. *Chinese J. Anal. Chem.*, **2010**, (12): 1771-1775
王赫胤, 王德艳, 汪国秀, 胡效亚. *分析化学*, **2010**, (12): 1771-1775
- Jiang Z L, Huang G X. *Clin. Chim. Acta*, **2007**, 376(1-2): 136-141
- Veros C T, Oldham N J. *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, **2007**, 21(21): 3505-3510
- WANG Yong, LI Shui-Ming, HE Man-Wen. *Chinese J. Anal. Chem.*, **2013**, 41(4): 494-499
王勇, 李水明, 何曼文. *分析化学*, **2013**, 41(6): 494-499
- Hemmen F, Mahana W, Jolles P, Paraf A. *Experientia*, **1992**, 48(1): 79-84
- Checovich W J, Bolger R E, Burke T. *Nature*, **1995**, 375(6528): 254-256
- Duan W, Wang Z, Cook M J. *J. Porphyrins Phthalocyanines*, **2009**, 13(12): 1255-1261
- Smidsrod O. *BBA-Gen. Subjects*, **1996**, 1291(1): 5-15
- Kristiansen A, Varum K M, Grasdalen H. *BBA-Gen. Subjects*, **1998**, 1425(1): 137-150
- CHEN Yan, JIANG Ming-Feng, YE Yu-Hui, LIU Yong-Tao, LI Sheng-Wei. *Journal of Biology*, **2009**, (2): 64-66
陈艳, 江明锋, 叶煜辉, 刘勇涛, 李生伟. *生物学杂志*, **2009**, (2): 64-66
- GAO Xiu-Rong, XIANG Su-Juan. *Journal of Shanxi Medical College*, **2009**, (1): 38-41
高秀蓉, 项淑娟. *山西医学院学报*, **1985**, (1): 38-41
- LIN Kun, FU Lai-Ni, LUO Jia-Yi, ZHOU Yun-Tong. *Journal of Shantou University*, **1988**, (2): 82-84
林昆, 傅莱妮, 罗家逸, 周云同. *汕头大学学报*, **1988**, (2): 82-84

Novel Method for Determination of Lysozyme Based on Fluorescence Recovery of a Cationic Aluminum Phthalocyanine-Mucopolysaccharides Association Complex Used as a Red Emitting Fluorogenic Substrate

CHEN Lin , HUANG Ping , YANG Hui-Qing , DENG Ya-Bin , LI Dong-Hui*
(Cancer Research Center , Medical College , Xiamen University , Xiamen 361005 , China)

Abstract We developed a novel method for the rapid determination of lysozyme using a new fluorogenic substrate that consists of a cationic aluminum phthalocyanine (tetra (trimethylammonio) aluminum phthalocyanine , TTMAAlPc) , and an anionic mucopolysaccharide (heparin , HP) . We found that fluorescence from the cationic aluminum phthalocyanine , a red-region fluorescence probe , was quenched significantly in acidic media in the presence of low concentrations of anionic mucopolysaccharide heparin (HP) bearing anionic sulfonic acid groups , because of induced aggregation . The practically non-fluorescent substrate degraded into small molecular fragments upon the hydrolysis of lysozyme , and thus the phthalocyanine molecules aggregated in HP were released , resulting in significant fluorescence recovery in the reaction system . This phenomenon forms the foundation of the proposed method . The reaction mechanism was determined using fluorescence spectroscopy and fluorescence anisotropy techniques . Factors that affected the determination were investigated . Under optimal conditions , the linear range was 0.2 – 2 mg/L , and the detection limit was 0.015 mg/L . The developed method is easy to operate and has good selectivity and sensitivity . This method was used in the analysis of practical samples of lysozyme , and the results were in agreement with those determined by a conventional turbidimetric method .

Keywords Lysozyme; Phthalocyanine; Fluorescence; Determination

(Received 14 January 2014; accepted 13 March 2014)

This work was supported by the Major Research Plan of the National Natural Science Foundation of China (No. 90206016)

历史性的突破: 两周内到货——赛默飞液相色谱备件快速到货承诺

2014年5月11日,北京——科学服务领域的世界领导者赛默飞世尔科技(以下简称:赛默飞)发布液相色谱备件快速到货承诺。

实验做到一半,气灯寿终正寝,此刻的你该怎么办?

相信大多数用户都遇到过类似的问题,进口仪器需要更换或更新部件和耗材的时候,到货期常常需要很长一段时间,在此期间,用户除了等别无办法,项目进度也因此耽搁。

为了更好地满足用户的应急需求和满足全国广大用户日益增长的市场需要,赛默飞世尔科技推出了液相色谱产品快速到货承诺——液相色谱常规模块,包括常用配件和耗材的货期缩短至两周内。

两周货期长期有效,详情请咨询各区域销售。本活动最终解释权归赛默飞世尔科技所有。

详情请查看 <http://www.thermo.com.cn/news1097.html>

免费服务热线: 8008105118 4006505118