

聚乙烯醇、聚乙烯胺与淀粉酶相互作用荧光光谱

王峰^{a*} 梁力曼^b 顾正彪^c 崔正刚^a

(^a江南大学化学与材料工程学院 无锡 214122; ^b河北科技师范学院化学系 秦皇岛; ^c江南大学食品学院 无锡)

摘要 采用荧光光谱和紫外吸收光谱法研究聚乙烯醇(PEG)和四乙烯五胺(TEPA)与淀粉酶相互作用。结果表明,PEG会增强淀粉酶内源性荧光和酪氨酸残基所处微环境的疏水性;TEPA对淀粉酶内源性荧光的猝灭机制属于动态猝灭,但同时也存在静态猝灭特征,并使色氨酸残基所处微环境的极性增大;在所考察的范围内,PEG与淀粉酶的结合常数在40℃达到最高,TEPA对淀粉酶荧光的动态猝灭结合常数在30℃以上趋于最大,PEG、TEPA与淀粉酶之间的作用力属于疏水与静电作用相结合。

关键词 聚乙烯醇,聚乙烯胺,淀粉酶,相互作用

中图分类号:O629.8

文献标识码:A

文章编号:1000-0518(2010)01-0096-06

聚乙烯醇(PEG)和聚乙烯亚胺(PEI)类物质被广泛用于医用材料、药物载体、分子生物学和蛋白质化学等领域。PEI能与蛋白质分子或者抗体形成复合物^[1],协助药物穿过细胞膜释放。PEI还可用来保持肌乳酸脱氢酶的活性,使其免受金属毒害和过氧化物氧化效应的影响^[2]。近年,Pardo等^[3]利用PEI在石墨电极上负载肌红蛋白用于氧的电化学还原和三氯乙酸的脱氯反应催化研究。PEG常用作蛋白质结晶助剂,提高蛋白质在溶液中的溶解度^[4]和增强蛋白质分子间的吸引力,从而有利于蛋白质结晶的形成^[5]。在蛋白质微阵列芯片技术中,PEG被用于包埋功能分子^[6]。固定化酶技术方面,在固载体表面接枝PEG或者PEI可缓冲蛋白质与固相表面的直接碰撞,维持酶分子的正常构象和活性^[7,8]。本文以淀粉酶作为模式蛋白,采用荧光光谱法和紫外吸收光谱法研究了聚乙烯醇、聚乙烯胺与淀粉酶分子间的相互作用。

1 实验部分

1.1 仪器和试剂

RF-5301PC型荧光分光光度计(日本岛津 Shimadzu公司);TU-1901型双光束紫外-可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)。淀粉酶(*Bacillus* sp.,分子量55 kDa)、聚乙烯醇(PEG,平均分子量400,购自Sigma公司),四乙烯五胺(TEPA,购自Fluka公司),磷酸氢二钠、磷酸二氢钠均为分析纯,所用水为二次蒸馏水。磷酸盐缓冲溶液(pH=7.4)浓度为0.02 mol/L,用84.0 mL 0.02 mol/L的Na₂HPO₄溶液与16.0 mL 0.03 mol/L的NaH₂PO₄溶液混合配制。

1.2 实验方法

1.2.1 TEPA、PEG与淀粉酶作用的荧光光谱 在10 mL容量瓶中,加入2 mL的淀粉酶磷酸盐缓冲溶液,然后依次加入不同浓度的PEG或TEPA磷酸盐缓冲溶液,混合均匀,用磷酸盐缓冲溶液定容至刻度,以280 nm为激发波长,荧光分光光度计的发射与激发狭缝宽度均为5 nm,于300~400 nm波长范围内记录发射光谱。荧光发射谱的背景散射用缓冲溶液校正。

1.2.2 TEPA、PEG与淀粉酶作用的紫外光谱 在10 mL容量瓶中,加入2 mL的淀粉酶磷酸盐缓冲溶液,然后依次加入不同浓度的PEG或TEPA磷酸盐缓冲溶液,混合均匀,用磷酸盐缓冲溶液定容至刻度,以磷酸盐缓冲溶液为参比,记录200~400 nm范围内的紫外吸收光谱。

1.2.3 TEPA、PEG 与淀粉酶作用的同步荧光测定 激发和发射单色器同时进行扫描,改变发射波长 λ_{em} 与激发波长 λ_{ex} 之间的波长差 $\Delta\lambda = 15\text{ nm}$, $\lambda_{em} = \lambda_{ex} + \Delta\lambda$, 令激发波长在 310 ~ 370 nm 范围内扫描, 得到淀粉酶与 PEG、TEPA 不同物质量比的混合液中酪氨酸生色团的荧光光谱图;改变发射波长 λ_{em} 与激发波长 λ_{ex} 之间的波长差 $\Delta\lambda = 60\text{ nm}$, 令激发波长在 290 ~ 350 nm 范围内扫描, 得到淀粉酶与 PEG、TEPA 不同物质量比的混合液中色氨酸生色团的荧光光谱图。

2 结果与讨论

2.1 荧光光谱和紫外光谱

蛋白质荧光主要来自色氨酸残基^[9], 而 α -淀粉酶分子含有至少 16 个色氨酸残基^[10], 因此淀粉酶色氨酸残基的天然荧光及其变化值可直接反映蛋白质本身和周围环境的变化。由图 1 可知, 随着溶液中 PEG 浓度增加, 淀粉酶的内源荧光强度增强。这说明 PEG 使淀粉酶芳香氨基酸残基周围环境的极性减小, 或者在溶剂中曝露程度降低^[11,12]; 另一方面, PEG 有排挤酶分子憎水性内核中水分子以及有色氨酸残基吡啶基团上氨基团形成分子内氢键的作用, 从而使得蛋白分子结构更加紧密和刚性^[13], 增加荧光量子产率^[14]。

PEG、淀粉酶以及二者的混合物在 200 ~ 400 nm 范围内的紫外吸收谱带研究表明, 不同浓度的 PEG 对淀粉酶的紫外吸光度强度没有影响, 吸收峰位置也未发生改变。

图 2、图 3 所示分别为不同浓度 TEPA 对淀粉酶荧光光谱和紫外吸收光谱的影响。由图可知, 随着 TEPA 浓度的增加, 淀粉酶的荧光强度减弱。可见 TEPA 对淀粉酶有荧光猝灭作用, 表明 TEPA 对淀粉

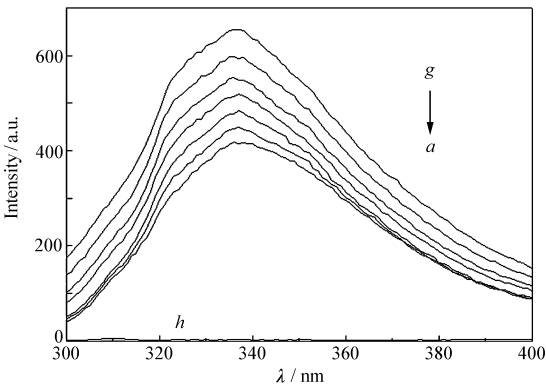


图 1 不同浓度的 PEG 对淀粉酶荧光光谱的影响

Fig.1 Effects of different concentrations of PEG on the fluorescence spectra of amylase

$a \sim g$: $c(\text{amylase}) = 5.0 \times 10^{-6}\text{ mol/L}$,
 $c(\text{PEG})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$: 0, 2.08×10^{-2} ,
 4.17×10^{-2} , 0.167, 0.25, 0.417, 0.583;
 h . $c(\text{PEG}) = 2.08 \times 10^{-2}\text{ mol/L}$; $\lambda_{ex} = 280\text{ nm}$; $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

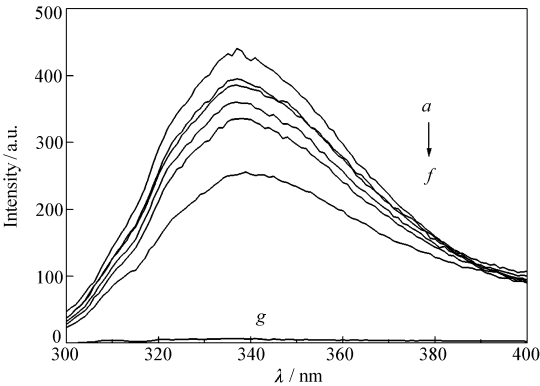


图 2 不同浓度的 TEPA 对淀粉酶紫外吸收光谱的影响

Fig.2 Influences of different concentrations of TEPA on the fluorescence spectra of amylase

$a \sim f$: $c(\text{amylase}) = 5.0 \times 10^{-6}\text{ mol/L}$,
 $c(\text{TEPA})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$: 0, 1.37×10^{-2} , 1.71×10^{-2} ,
 2.28×10^{-2} , 3.42×10^{-2} , 6.84×10^{-2} ;
 g . $c(\text{TEPA}) = 2.28 \times 10^{-2}\text{ mol/L}$; $\lambda_{ex} = 280\text{ nm}$; $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

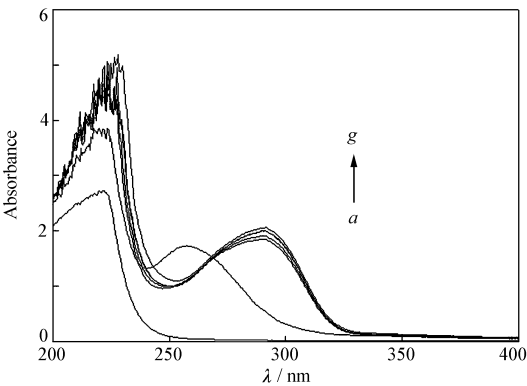


图 3 不同浓度的 TEPA 溶液对 α -淀粉酶紫外吸收光谱的影响

Fig.3 Influences of different concentrations of TEPA on the UV absorption spectra of amylase

a . $c(\text{TEPA}) = 2.28 \times 10^{-2}\text{ mol/L}$;
 $b \sim g$. $c(\text{amylase}) = 5.0 \times 10^{-6}\text{ mol/L}$,
 $c(\text{TEPA})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$: 0, 1.37×10^{-2} , 1.71×10^{-2} ,
 2.28×10^{-2} , 3.42×10^{-2} , 6.84×10^{-2} ; $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

酶分子的结构和微环境产生了影响^[15]。由图 3 还可知,TEPA 使淀粉酶在 257 nm 处的吸收峰红移至 290 nm,吸收强度增大,说明在 TEPA 作用下 淀粉酶部分肽链间的疏水作用减弱,微环境极性增大,肽链羰基 $n-\pi^*$ 跃迁能量减小,肽链伸展。

2.2 同步荧光光谱

同步荧光光谱法能提供生色团附近的分子环境变化情况^[16],具有谱图简化、窄化谱带和抗各种干扰的优点^[17]。在蛋白质构象研究中,同步荧光光谱法是常采用的研究氨基酸残基周围环境变化的有效方法^[18]。当激发波长和发射波长的波长差为 15 和 60 nm,同步荧光光谱给出的最大发射波长的位移反映了酪氨酸残基和色氨酸残基的特征信息和所处环境极性的改变^[19,20]。

PEG、TEPA 存在条件下淀粉酶在 $\Delta\lambda = 15$ nm 和 $\Delta\lambda = 60$ nm 处同步荧光光谱研究表明,随着溶液中 PEG 浓度增加,淀粉酶在 $\Delta\lambda = 15$ nm 处同步荧光光谱强度增大,酪氨酸残基最大发射波长从 308 nm 蓝移至 297 nm 处(图 4),说明 PEG 的存在增加了淀粉酶酪氨酸残基所处微环境的疏水性^[21]。TEPA 使得淀粉酶在 $\Delta\lambda = 60$ nm 处最大吸收波长从 338 nm 红移至 350 nm 处(图 5),说明色氨酸残基所处微环境的极性增大,色氨酸残基在水环境中暴露程度增大,肽链的伸展程度可能有所增加^[11]。

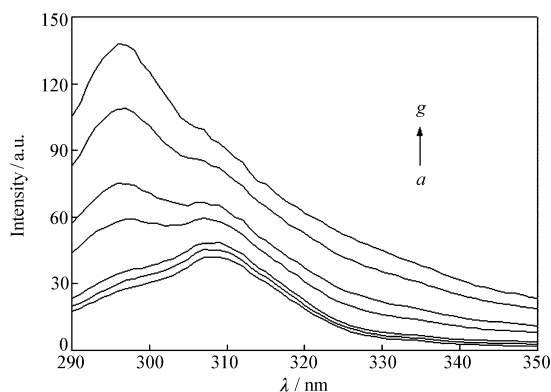


图 4 PEG 对淀粉酶在 $\Delta\lambda = 15$ nm 处同步荧光光谱的影响

Fig. 4 Influences of PEG on the synchronous fluorescence spectra of amylase at $\Delta\lambda = 15$ nm

$a \sim g$; $c(\text{amylase}) = 5.0 \times 10^{-6}$ mol/L,
 $c(\text{PEG})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$: 0, 2.08×10^{-2} , 4.17×10^{-2} ,
 0.167, 0.25, 0.417, 0.583; $t = 25$ °C

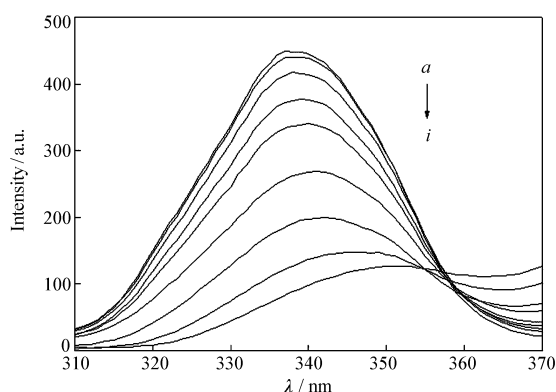


图 5 TEPA 对淀粉酶在 $\Delta\lambda = 60$ nm 处同步荧光光谱的影响

Fig. 5 Influence of TEPA on the synchronous fluorescence spectra of amylase at $\Delta\lambda = 60$ nm

$a \sim i$; $c(\text{amylase}) = 5.0 \times 10^{-6}$ mol/L,
 $c(\text{TEPA})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$: 6.84×10^{-3} , 1.37×10^{-2} , 1.71×10^{-2} ,
 2.28×10^{-2} , 3.42×10^{-2} , 6.84×10^{-2} ,
 0.137, 0.342, 0.684; $t = 25$ °C

2.3 作用机理

为考察 PEG 与淀粉酶的相互作用,根据以下方程从荧光强度变化获得二者间结合常数^[22]。

$$1/\Delta F = 1/\Delta F_{\max} + (1/K[L])(1/\Delta F_{\max}) \quad (1)$$

$$\Delta F = F_x - F_0 \quad (2)$$

$$\Delta F_{\max} = F_{\infty} - F_0 \quad (3)$$

式中, F_0 、 F_x 和 F_{∞} 分别为不加 PEG、加 PEG 以及 PEG 与酶蛋白相互作用达到饱和后的荧光强度, K 为结合常数, $[L]$ 为 PEG 浓度 (mol/L)。

按以上公式作图,结果如图 6 所示。由图 6 曲线求得 PEG 与淀粉酶相互作用结合常数 K 在 25、30、40、45 °C 分别为 6.25、7.14、7.24、4.00 L/mol。此结果部分解释了接枝 PEG 聚苯乙烯树脂固载淀粉酶的量在温度 >40 °C 时下降的原因^[7]。

TEPA 对淀粉酶荧光为猝灭作用。荧光猝灭有 2 种类型:动态猝灭和静态猝灭。动态猝灭机制遵从 Stern-Volmer 方程^[23,24]:

$$F_0/F = 1 + K_{\text{SV}}[Q] = 1 + K_q\tau_0[Q] \quad (4)$$

式中, F 、 F_0 分别为有和无猝灭剂时的荧光强度; $[Q]$ 为猝灭剂浓度; K_{sv} 为动态猝灭结合常数; K_q 为生物大分子与荧光猝灭剂双分子扩散的碰撞猝灭速率常数; τ_0 为无猝灭剂存在时荧光分子的平均寿命, 生物大分子的荧光平均寿命取 10^{-8} s^{-1} [24]。

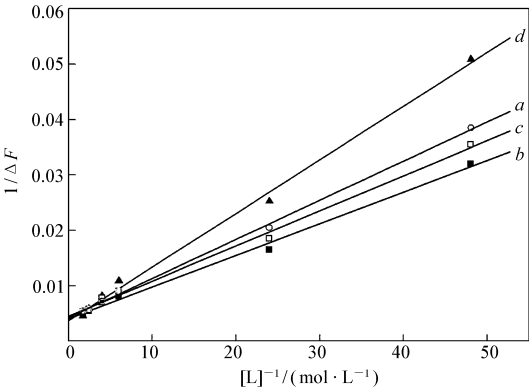


图 6 不同浓度 PEG 与淀粉酶相互作用 $1/\Delta F \sim 1/[L]$ 关系图

Fig. 6 Plot of $1/\Delta F$ versus $1/[L]$ in the interaction of PEG with amylase

$c(\text{amylase}) = 5.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$,
 $c(\text{PEG})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$: 0, 2.08×10^{-2} , 4.17×10^{-2} ,
0.167, 0.25, 0.417, 0.583
 $t/^\circ\text{C}$: a. 25; b. 30; c. 40; d. 45

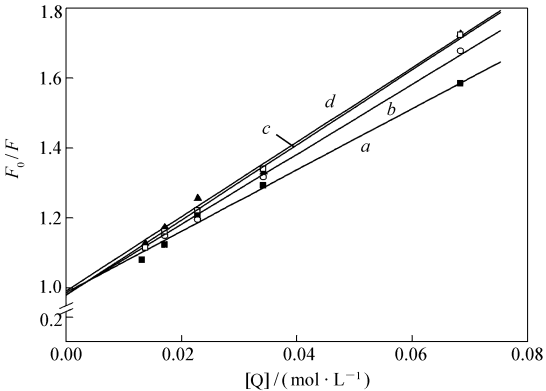


图 7 不同浓度 TEPA 对淀粉酶动态猝灭的 Stern-Volmer 曲线

Fig. 7 Stern-Volmer plots of fluorescence quenching of amylase treated with different concentration of TEPA

$c(\text{amylase}) = 5.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$,
 $c(\text{TEPA})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$: 6.84×10^{-3} , 1.37×10^{-2} , 1.71×10^{-2} ,
 2.28×10^{-2} , 3.42×10^{-2} , 6.84×10^{-2} , 0.137, 0.342, 0.684
 $t/^\circ\text{C}$: a. 25; b. 30; c. 35; d. 40

假设 TEPA 对淀粉酶的荧光猝灭为动态猝灭。根据公式(4)作图,结果见图 7。
从图中 TEPA 猝灭淀粉酶荧光的 K_{sv} 计算得到 K_q 在 25、30、35、40 $^\circ\text{C}$ 下分别为 8.76×10^8 、 1.00×10^9 、 1.06×10^9 、 $1.07 \times 10^9 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{s})$, 在 30 $^\circ\text{C}$ 以后趋于最大。这些值均小于各类猝灭剂对生物大分子的最大 K_q 值 $2.0 \times 10^{10} \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{s})$ [24], 因此 TEPA 对淀粉酶的荧光猝灭主要是动态猝灭机制。从图中结果还可以看出,随着温度升高, K_q 值增大,同样证明属于分子间碰撞引起的动态猝灭 [11]。另一方面,由于 TEPA 对淀粉酶荧光猝灭作用的 K_q 与各类猝灭剂对生物大分子的最大 K_q 值相差不显著,二者混合物的紫外吸收峰(图 4)存在红移现象,因此 TEPA 对淀粉酶的荧光猝灭可能存在某种程度的静态猝灭作用 [25]。

2.4 热力学常数

当温度变化不大时,客体分子与蛋白质相互作用的焓变 ΔH 可看成一个常数 [26], 根据热力学公式:
$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \tag{5}$$
$$\Delta G = -RT\ln k \tag{6}$$
$$\ln (K_2/K_1) = (\Delta H/R)(1/T_1 - 1/T_2) \tag{7}$$

根据上述公式求得 PEG、TEPA 与淀粉酶结合反应的焓变 ΔH 、熵变 ΔS 、自由能变 ΔG , 结果列于表 1 和表 2 中。

表 1 PEG 与淀粉酶相互作用结合常数和热力学参数

Table 1 Binding constants(K) and thermodynamic parameters for the binding of PEG to amylase				
T/K	$K/(\text{L} \cdot \text{mol}^{-1})$	$\Delta H/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	$\Delta S/(\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	$\Delta G/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$
298	6.25	19.98	82.28	-4.54
303	7.14		82.27	-4.95
313	7.24		80.28	-5.15
318	4		74.33	-3.66

表 2 TEPA 与淀粉酶相互作用动态猝灭结合常数和热力学参数
Table 2 Binding constants of dynamic quenching(K_{SV}) and thermodynamic parameters for the interaction of TEPA with amylase

T/K	$K_{SV}/(L \cdot mol^{-1})$	$\Delta H/(kJ \cdot mol^{-1})$	$\Delta S/(J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1})$	$\Delta G/(kJ \cdot mol^{-1})$
298	8.76	10.39	52.88	-5.37
303	10.01		53.43	-5.80
308	10.62		53.37	-6.05
313	10.72		52.90	-6.17

从表中结果可知,PEG、TEPA 与淀粉酶结合反应的焓变 $\Delta H > 0$ 且较小,熵变 $\Delta S > 0$,说明 PEG、TEPA与淀粉酶之间的作用力主要是疏水作用力结合静电作用力^[27]。疏水作用力来自于 PEG、TEPA 分子链疏水节部分与肽链的相互作用;静电作用力来源于 PEG、TEPA 分子链的羟基、氨基与淀粉酶中极性氨基酸残基间的静电引力。

参 考 文 献

1 Didenko V V, Ngo H, Baskin D S. *Anal Biochem*[J], 2005, **344**(2):168
2 Breccia J D, Andersson M M, Hatti-Kaul R. *BBA-Gen Subjects*[J], 2002, **1 570**(3):165
3 Pardo A, Basseguy R, Bergel A. *J Appl Electrochem*[J], 2006, **36**(7):835
4 Gosavi R A, Mueser T C, Schall C A. *Acta Crystallogr D*[J], 2008, **64**:506
5 Dumetz A C, Lewus R A, Lenhoff A M, Kaler E W. *Langmuir*[J], 2008, **24**(18):10 345
6 Kannan B, Castelino K, Chen F F, Majumdar A. *Biosens Bioelectron*[J], 2006, **21**(10):1 960
7 WANG Feng(王峰), LIANG Li-Man(梁力曼), GU Zheng-Biao(顾正彪), CUI Zheng-Gang(崔正刚). *Chinese J Appl Chem*(应用化学)[J], 2008, **25**:1 259
8 Manta C, Ferraz N, Betancor L, Antunes G, Batista-Viera F, Carlsson J, Caldwell K. *Enzyme Microb Technol*[J], 2003, **33**: 890
9 QU Ling-Bo(屈凌波), WANG Ling(王玲), CHEN Xiao-Lan(陈晓岚), YUAN Jin-Wei(袁金伟), YANG Ran(杨冉), LI Ping(李萍). *J Acta Chim Sin*(化学学报)[J], 2007, **65**:2 417
10 Fitter J, Herrmann R, Haub T, Lechner R E, Dencher N A. *Physica B*[J], 2001, **301**:1
11 Eftink M R. In *Protein Fluorescence*[M]. Eds: Lakowicz J R, Ross J B A, Kluwer Academic Publishers, New York, 2002:1
12 Habibi A E, Khajeh K, Naderi-Manesh H, Ranjbar B, Nemat-Gorgani M. *J Biotechnol*[J], 2006, **123**:434
13 Chae H J, Kim E Y, In M-J. *J Biosci Bioeng*[J], 2000, **89**:371
14 PAN Hong-Cheng(潘宏程), JIANG Zhi-Liang(蒋治良), YUAN Wei-En(袁伟恩), TANG Guo-Shun(唐国顺), LUO Yang-He(罗杨合). *Chinese J Appl Chem*(应用化学)[J], 2003, **20**:660
15 Mallicka A, Beraa S C, Maitib S, Chattopadhyay N. *Biophys Chem*[J], 2004, **112**:9
16 Brockhinke A, Plessow R, Kohse-Höinghaus K, Herrmann C. *Phys Chem Chem Phys*[J], 2003, **5**:3 498
17 Hu Y J, Liu Y, Pi Z B, Qu S S. *Bioorg Med Chem*[J], 2005, **13**:6 609
18 Yuan T, Weljie A M, Vogel H J. *Biochemistry*[J], 1998, **37**:3 187
19 Abert W C, Gregory W M, Allan G S. *Anal Biochem*[J], 1993, **213**:407
20 Reynolds D M. *Water Res*[J], 2003, **37**:3 055
21 Sukowska A J. *Mol Struct*[J], 2002, **614**:227
22 Bhattacharyya J B M, Chakrabarty A S, Chaudhuri U, Poddar R K. *Biochem Pharmacol*[J], 1994, **47**:2 049
23 Lakowicz J R, Weber G. *Biochem*[J], 1973, **12**:4 161
24 YANG Pin(杨频), GAO Fei(高飞). *Principle of Bioinorganic Chemistry*(生物无机化学原理)[M]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社), 2002:331
25 DENG Shi-Xing(邓世星), YANG Ji-Dong(杨季冬). *J Instrum Anal*(分析测试学报)[J], 2007, **26**:360
26 Ross P D, Subramanian S. *Biochem*[J], 1981, **20**:3 096
27 Rahman M H, Maruyama T, Okada T, Yamasaki K, Otagiri M. *Biochem Pharmacol*[J], 1993, **46**:1 721

Fluorescent Spectrometry of Interaction of Amylase with Polyvinyl Alcohol or Polyethylenamine

WANG Feng^{a*}, LIANG Li-Man^b, GU Zheng-Biao^c, CUI Zheng-Gang^a

(^a*School of Chemical and Meterial Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122;*

^b*Department of chemisty, Hebei Normal Universiy of Science and Technology, Qinhuangdao;*

^c*School of Food Science and Technolgy, Jiangnan University, Wuxi)*

Abstract Polyvinyl alcohol (PEG) and polyethylenamine (PEI) have been widely applied in the technological fields related to biochemistry. In this work, the interactions of amylase with PEG and tetraethylene pentamine (TEPA) were investigated by fluorescence and UV absorption spectra. The results show both the inner fluorescence of amylase and the hydrophobicity of the microenvironment of tyrosine residues are enhanced in the presence of PEG. The quenching mechanism of inner fluorescence of amylase by TEPA is dynamic, but also exhibits a feature of static quenching. The polarity of microenvironment of tryptophan residues of increases amylase due to interaction with TEPA. In the range of this investigation, the binding constant of interaction of PEG with amylase reaches the highest value at 40 °C, the value of quenching constant of binding between TEPA and amylase becomes the maximum at 30 °C. The interaction of amylose with PEG or TEPA involves hydrophobic and electrostatic interactions.

Keywords PEG, TEPA, amylase, interaction

《应用化学》2010 年征订启事

《应用化学》创刊于 1983 年,是经国家科协批准向国内、国外公开发行的学术性期刊。由中国化学会主办,中国科学院主管,中国科学院长春应用化学研究所承办,科学出版社出版。为中国科技核心期刊。

《应用化学》设有综合评述、研究论文、研究简报、研究快报栏目。出版周期短,报道新成果快。

《应用化学》期刊被 14 家国内外重要检索机构、文摘收录。

《应用化学》面向科研单位、大专院校和化学化工领域的科研技术人员。

本刊承揽各类化学、化工材料、分析测试仪器及各类化学产品介绍和相关领域科技信息等广告业务。

《应用化学》投稿全部采用网上投稿方式(<http://yyhx.ciac.jl.cn> 点击“网上投稿”或“投稿注册”,按照提示步骤操作)。

- 中国化学会主办,中国科学院主管,中国科学院长春应用化学研究所承办。
- 多次获国家、省、部级奖励,发行量大,广告宣传效果好。
- 国内外公开发行,月刊,每月 10 日出版。
- 国内统一刊号 CN 22-1128/O6; 国际标准刊号 ISSN 1000-0518。
- 全国各地邮局订阅,国内邮发代号 8-184; 每册定价 16.00 元,全年定价 192 元
- 广告经营许可证号:吉工商广字 206 号
- 中国国际图书贸易总公司办理国外订阅(国外发行代号 BM809)
- 如未能在邮局订阅,可与编辑部联系订阅。

《应用化学》编辑部地址:吉林省长春市人民大街 5625 号 邮编:130022

电话:0431-85262016,85262330 传真:0431-85685653

E-mail: yyhx@ciac.jl.cn

网址: <http://yyhx.ciac.jl.cn>