

CCl₄, CH₂Cl₂ 和 CHCl₃ 对磷脂酰胆碱 紫外电子吸收光谱的影响*

王强华^{1),2)} 冯玉英³⁾ 杨松龄¹⁾ 陈凌孚¹⁾

1)(南京师范大学物理系,南京 210024) 2)(中国科学院理论物理研究所,北京 100080)

3)(南京师范大学物理化学实验中心,南京 210024)

(1993年10月4日收到)

测量了 CCl₄, CH₂Cl₂ 和 CHCl₃ 对生物膜中磷脂酰胆碱作用的紫外电子吸收光谱,实验结果表明,由于 CCl₄, CH₂Cl₂ 和 CHCl₃ 分子结构的差异,三种溶剂的极性依次递增,磷脂酰胆碱 $\pi-\pi^*$ 电子跃迁的吸收峰红移。磷脂酰胆碱在 CCl₄ 中光谱呈单吸收峰,在 CH₂Cl₂ 和 CHCl₃ 中光谱特征呈双峰结构,存在聚集体的激子态跃迁,由此给出了脂质分子聚集状态的光谱依据。

PACC: 3320L;8720

1 引言

现代分子生物学研究表明,生命过程中的许多重要功能是在细胞膜上进行的,物质的运输、能量的转换和信息的传递都与膜的结构和功能有关。1972年 Singer 和 Nicolson 提出生物膜是由两亲性分子组成的双分子层脂膜,在正常的生理条件下呈液晶状态。Helfrich 的生物膜液晶模型描述和解释了红血球及人工生物膜泡的形状及其变化^[1],促进了双分子层脂膜的基础研究^[2]。生物膜研究已成为物理学、化学和生物学相互渗透的热门学科^[3]。

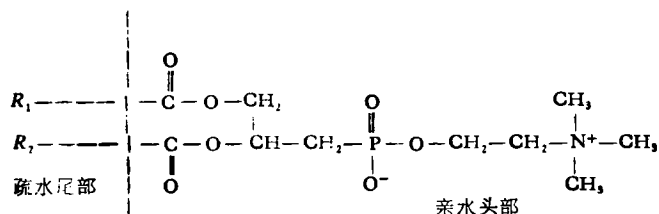
磷脂是人红细胞膜和动物细胞膜中最广泛存在的一种脂质,对于生物膜的结构和功能起着重要的作用。生物膜实验研究中常用磷脂人工制备双分子层脂膜,以检验生物膜理论模型的正确性,分析生物膜的物理化学性质^[4-6]。最近我们在液晶物理工作的基础上研究磷脂的液晶态性质,用光学显微镜观察到磷脂酰胆碱分子在 CHCl₃ 溶液中聚集形成双分子层脂膜的闭合膜泡。本文采用紫外电子吸收光谱法研究了 CCl₄, CH₂Cl₂ 和 CHCl₃ 三种溶剂的极性对磷脂酰胆碱分子的影响,测量磷脂酰胆碱分子聚集体的激子态跃迁的吸收光谱,提供脂质分子形成双分子层膜的光谱依据,从而进一步认识生物膜结构和功能的微观机制。

* 国家科委攀登计划自然科学基金资助的项目。

2 材料与方法

2.1 材料

生化试剂磷脂酰胆碱 (Phosphatidylcholine 缩写 PC) 由中国科学院上海生物化学研究所生产,呈黄棕色半透明的蜡状块。磷脂酰胆碱分子的结构式如图 1 所示。



2.2 样品制备

在三支试管中用分析天平各称取 PC 试剂 20mg, 分别加入 10ml 的 $\text{CCl}_4(\text{AR})$, $\text{CH}_2\text{Cl}_2(\text{AR})$ 和 $\text{CHCl}_3(\text{AR})$ 溶液,观察到 PC 在三种液体中溶解度各不相同。将样品置于超声发生器中振荡 30min,使 PC 在溶剂中充分溶解,样品为透光度高的淡黄色液体。

2.3 紫外电子吸收光谱测定

紫外电子吸收光谱用 Perking-Elmer 公司 Lambda 17 紫外/可见分光光度计测定。在两只吸收杯中分别装入样品和对照的溶剂,由此测定 PC 在三种溶剂中的紫外吸收光谱。测量波长为 190—400nm,扫描速度为 400nm/min,狭缝宽度为 2nm,响应为 0.5s。

3 结果与讨论

PC 分子在三种溶剂中的紫外电子吸收光谱如图 2 所示。 CCl_4 中 PC 的紫外光谱 1 呈单吸收峰, λ_{max} 为 272nm, CH_2Cl_2 和 CHCl_3 中 PC 的紫外光谱 2 和光谱 3 都呈双吸收峰,谱线 2 中 λ_{max} 分别为 274 和 229nm,谱线 3 中 λ_{max} 分别为 276 和 239nm。

光谱右侧吸收峰属于 PC 分子单体的 $\pi-\pi^*$ 跃迁^[7],在 CCl_4 , CH_2Cl_2 和 CHCl_3 溶剂中的 λ_{max} 依次为 272, 274 和 276nm,波峰红移。光谱 2 和光谱 3 左侧吸收峰来源于 PC 分子聚集体的激子态跃迁^[8], λ_{max} 分别为 229 和 239nm,

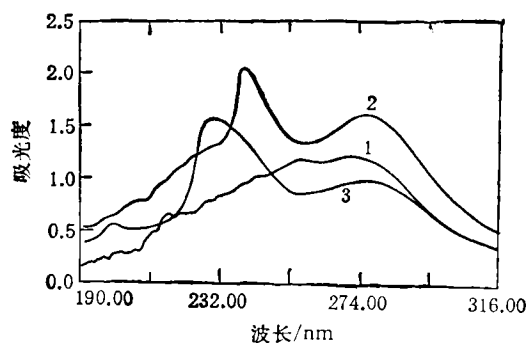


图 2 磷脂酰胆碱在三种溶剂中的紫外电子吸收光谱
1 为 CCl_4 ; 2 为 CH_2Cl_2 ; 3 为 CHCl_3

CCl_4 中 PC 分子只有单体的 $\pi-\pi^*$ 电子跃迁, 光谱呈单吸收峰, CH_2Cl_2 和 CHCl_3 中 PC 分子存在单体的 $\pi-\pi^*$ 电子跃迁和聚集体的激子态跃迁, 光谱特征呈双峰结构。由此可见, 溶剂对 PC 分子的聚集状态产生着重要的影响。

PC 分子是两亲性极性分子, 由亲水性头部和疏水性尾部组成。极性的头部为电荷基团, 尾部是两条含有 14—20 个 C 原子的脂肪酸烃链 R_1 和 R_2 。溶剂 CCl_4 , CH_2Cl_2 , CHCl_3 分子都是呈四面体结构, 由于 Cl 原子的电负性大于 C 原子, C—Cl 键上的电子云偏向 Cl 原子而具有一定的极性, CCl_4 四面体的四个顶角被四个 Cl 原子占据, 空间旋转的电子云密度分布呈球状, 电偶极矩为零。 CH_2Cl_2 四面体的四个顶角分别被两个 Cl 原子和两个 H 原子占据, 空间旋转的电子云密度分布呈椭球状, 电偶极矩不为零。 CHCl_3 四面体的两个顶角分别被三个 Cl 原子和一个 H 原子占据, 空间旋转的电子云密度分布呈圆锥状, 电偶极矩比 CH_2Cl_2 大。随着溶剂极性的增大, 溶剂分子与 PC 极性分子间的作用对激发态的稳定作用比对基态强, 激发态能级降低比基态大。因此两个能级间距减小, 跃迁能降低, 吸收峰波长增加, 向红外移动。

我们曾用光学显微镜观察到 CCl_4 中 PC 脂质分子没有形成有结构的聚集体, CH_2Cl_2 和 CHCl_3 中 PC 脂质分子聚集而具有一定的形状和结构, 但形状和结构各不相同。三种溶剂中 PC 分子的紫外光谱表明 CCl_4 中 PC 分子没有聚集体的激子态跃迁, CH_2Cl_2 和 CHCl_3 中 PC 分子存在聚集状态, 激子态跃迁吸收峰的位置反映出分子聚集状态的差异。因此本文结果给出了溶剂对 PC 分子聚集状态的影响, 提供了脂质分子形成聚集状态的光谱依据。关于溶剂对 PC 分子聚集状态影响的微观机制, 还有待于今后进一步探讨。

- [1] 欧阳钟灿、谢毓章, 物理学进展, **11**(1991), 84.
- [2] P. G. de Gennes, *Rev. Mod. Phys.*, **64**(1992), 645.
- [3] P. A. Fleuer, S. Leibler, *Phys. Today*, **S-18** (Jan, 1988), 25.
- [4] 张志鸿、刘文龙等编著, 膜生物物理学(北京高等教育出版社, 1987), 第 256 页.
- [5] M. Mutz, D. Bensimon, *Phys. Rev.*, **A43**(1991), 4525.
- [6] B. Fourcade, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **68**(1992), 2551.
- [7] 黄量、于德泉等编著, 紫外光谱在有机化学中的应用(北京, 科学出版社, 1988), 270 页.
- [8] Y. Isikawa *et al.*, *Chem. Lett.*, **217**(1990), 165.

ULTRAVIOLET SPECTROSCOPIC STUDY OF EFFECTS OF CCl_4 , CH_2Cl_2 AND CHCl_3 ON PHOSPHATIDYCHOLINE

WANG QIANG-HUA^{1,2)} FENG YU-YING³⁾

YANG SONG-LING¹⁾ CHEN LING-FU¹⁾

1)(Department of Physics, Nanjing Normal University, Nanjing 210024)

2)(Institute of Theoretical Physics, Academia Sinica, Beijing 100080)

3)(Experiment Centre of Physics and Chemistry Nanjing Normal University Nanjing 210024)

(Received 4 October 1993)

ABSTRACT

The effects of CCl_4 , CH_2Cl_2 and CHCl_3 on the phosphatidycholine (PC) have been studied by means of ultraviolet spectroscopy. The spectra show one maximum of PC in CCl_4 and two maxima of PC in CH_2Cl_2 and in CHCl_3 . The properties of the maxima of the spectra can be explained. The collective state of PC molecule in membrane can also be examined.

PACC: 3320L;8720