

## 红景天苷磷脂复合物的制备及表征

薛海萍<sup>1</sup>, 高婷婷<sup>1</sup>, 杨骏<sup>1,2</sup>, 张彤<sup>1\*</sup>

1. 上海中医药大学, 上海 201203

2. 上海市香山中医院, 上海 200020

**摘要:** 目的 制备红景天苷磷脂复合物, 并对制备的复合物进行表征。方法 以红景天苷与磷脂的复合率为评价指标, 采用单因素试验和正交设计优化复合物制备工艺; 采用差示扫描量热分析 (DSC)、X 射线衍射分析 (XRD) 和傅里叶变换红外光谱 (FT-IR) 等方法对红景天苷磷脂复合物进行鉴定。结果 优化的制备工艺为红景天苷与磷脂的投料比 1 : 4, 反应物质量浓度为 10 mg/mL, 反应温度为 20 °C。结论 红景天苷磷脂复合物的形成受药物与磷脂的投料比、药物质量浓度以及反应时间的影响较大, 反应温度也有一定的影响, 且复合物在形成过程中并未发生结构变化, 但与物理混合物有本质的区别。

**关键词:** 红景天苷; 磷脂复合物; 表征; 复合率; 正交设计

中图分类号: R283.6 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2015)22-3333-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.22.008

## Preparation and characterization of salidroside phospholipid complex in *Rhodiola crenulota*

XUE Hai-ping<sup>1</sup>, GAO Ting-ting<sup>1</sup>, YANG Jun<sup>1,2</sup>, ZHANG Tong<sup>1</sup>

1. Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China

2. Shanghai Xiangshan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200020, China

**Abstract: Objective** To prepare salidroside (SAD) phospholipid complex in *Rhodiola crenulota* and search for its optimum preparation and characterization. **Methods** Taking the ratio of salidroside and phospholipid as index, the factors that might affect the combination percentage of SAD with PLC (SAD-PLC) were investigated, separately. At the same time, UV, FT-IR, and XRD microscope analysis techniques were used to analyze the structure of SAD phospholipid complex. **Results** In the optimum preparation process of SAD-PLC, tetrahydrofuran was used as reaction solvent, the weight ratio of SAD to phospholipid was 1 : 4, and the total concentration of SAD and PLC in the reaction solvent was 10 mg/mL, the reaction temperature was 20 °C. **Conclusion** The reaction ratio, concentration of SAD, and reaction time have greater impact on the formation of phospholipid complex, and the reaction temperature also has some impact. Chemical changes do not occur in the formation process, but the phospholipid complex is different with the simple physical mixtures.

**Key words:** salidroside; phospholipid complex; characterization; complexing rate; orthogonal design

红景天苷 (salidroside, SAD) 是景天科 (Crassulaceae) 红景天属 *Rhodiola* L. 植物红景天 *Rhodiola crenulota* (Hook. f. et Thoms.) H. Ohbs 中水溶性有效成分, 具有抗缺氧、抗衰老、抗微波辐射等作用<sup>[1]</sup>。研究表明, 红景天苷具体皮肤保护和抗氧化<sup>[2]</sup>作用, 对皮肤成纤维细胞紫外光辐射损伤具有保护功能<sup>[3]</sup>; 红景天苷对户外紫外线 (UVB) 诱导的人角质细胞氧化损伤具有修护作用, 对人皮肤

黑色素瘤也有一定的抑制作用<sup>[4-6]</sup>。红景天苷作为含酚羟基的酚类化合物, 亲水性强, 亲脂性弱, 在体内吸收较差, 皮肤成为其难以透过的屏障, 使红景天苷不易透过皮肤角质层或滞留于皮肤发挥药效<sup>[7]</sup>。

磷脂复合物系指在非质子传递体系溶剂中, 药物与磷脂以一定配比关系结合而形成的复合物。作为载体的磷脂广泛分布于自然界且无毒副作用, 分子较简单且能增强药物活性, 可使活性成分在较低

收稿日期: 2015-06-09

基金项目: 上海市教委预算内教育教学项目 (2013JW24); 2014 年上海高校教师产学研践习计划 (N140239)

作者简介: 薛海萍, 硕士研究生, 实验师, 从事经皮给药系统研究。Tel: (021)50323018 E-mail: xuehaiping198410@163.com

\*通信作者 张彤, 博士, 教授, 从事中药制药与分析技术研究。Tel: (021)51322318 E-mail: zhangtdmj@hotmail.com

剂量下发挥效用。另外,磷脂复合物局部用药时,释放出的活性成分从真皮层到血液循环的转运过程较慢,因而可减轻药物本身的不良反应。药物的磷脂复合物能改变原型药物的理化性质,增强药物的药理作用及疗效,延长作用时间,提高生物利用度,为磷脂复合物运用于皮肤治疗系统提供依据。实验发现,磷脂复合物作为透皮给药的载体有较好的开发前景,磷脂复合物具有开发为经皮给药制剂的潜力,但还需对制剂作进一步研究<sup>[8]</sup>。本研究制备了红景天苷磷脂复合物,并对制备后的复合物进行了表征。

## 1 仪器与试剂

T6 紫外分光光度计,北京普析通用仪器有限公司; SK5200H 高频超声波清洗仪,上海科导超声仪器有限公司; CP225D 型电子天平,德国赛得利斯公司; JB50-D 型增力搅拌机,上海标本模型厂; R330 红外分光光度仪,美国 Thermo 公司; T6 紫外分光光度计,北京普析通用仪器有限公司; CP225D 型电子天平,德国赛得利斯公司; DSC-60 差示扫描量热仪,日本 Shimadzu 公司; MiniFlex 600 台式 X 射线衍射仪,日本 Rigaku 公司; Agilent 8453 紫外分光光度计,美国 Agilent 公司; DKB-50 型超级恒温水槽,上海精密实验设备有限公司; HZS-H 型水浴振荡器,哈尔滨东联电子技术开发有限公司。

红景天苷原料药,批号 ZL20120506YY,质量分数 $\geq 98\%$ ,南京泽朗医药科技有限公司;红景天苷对照品,批号 110818-201206,质量分数 $\geq 98\%$ ,中国食品药品检定研究院;生理盐水,注射级,上海长征富民药业有限公司;蒸馏水,实验室自制;其他试剂均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

## 2 方法与结果

### 2.1 磷脂复合物的制备

称取一定量磷脂加入反应溶剂四氢呋喃,再加入红景天苷,红景天苷与磷脂的投料比 1:4,反应物质量浓度为 10 mg/mL,按反应温度为 20 °C,在恒温磁力搅拌器搅拌反应 2 h 后,真空去除反应溶剂,将制备好的复合物加入适量正己烷,复合物及多余的大豆磷脂溶于正己烷,离心后的沉淀经多次正己烷洗涤后即未复合的红景天苷或其他杂质。最后真空干燥,得红景天苷磷脂复合物。

### 2.2 复合物定量测定方法

**2.2.1 吸收波长的测定** 称取恒定质量的红景天苷对照品适量,以无水乙醇超声溶解,稀释,配制

10 mg/mL 的红景天苷对照品溶液,以紫外分光光度法全波长范围内进行扫描,红景天苷在 275 nm 处出现最大吸收峰。

**2.2.2 方法学考察** 取红景天苷对照品适量,精密称定,以无水乙醇液定容。用无水乙醇稀释至质量浓度分别为 7.5、15.0、30.1、60.6、90.1、121.0  $\mu\text{g/mL}$  的系列对照品溶液。在 275 nm 波长下测定吸光度(A)值。以对照品溶液质量浓度为横坐标(X),A 值为纵坐标(Y)进行线性回归,得回归方程  $Y = 5.3513X - 0.118$ ,  $r = 0.9996$ ,线性范围为 7.5~121.0  $\mu\text{g/mL}$ 。用无水乙醇分别配制低、中、高质量浓度(20.2、60.6、121.0  $\mu\text{g/mL}$ )的红景天苷溶液各 5 份,1 d 内连续测定 5 次,连续 5 d 测定,计算得日内和日间 RSD 均小于 3%。取已测定的样品 10.0 mg,分别加入对照品适量,配制成低、中、高 3 种质量浓度的溶液,各质量浓度平行配制 3 份,以无水乙醇作空白,在 275 nm 处测定 A 值,计算回收率,平均回收率为 98.0%,RSD 为 2.30%,结果表明回收率较高,该方法可行。说明该法能准确测定复合物中的药物量。

**2.2.3 复合率测定** 由于红景天苷几乎不溶于正己烷,而大豆磷脂以及磷脂复合物易溶于正己烷,将制备好的复合物加入适量正己烷,复合物及多余的大豆磷脂溶于其中,离心后的沉淀经多次以正己烷洗涤后即未复合的红景天苷或其他杂质。将沉淀以乙醇溶解、定容,并取适量进行 UV 测定。根据测定结果算出原料药质量。

复合率 = (红景天苷初始投药量 - 沉淀药量) / 红景天苷初始投药量

## 2.3 单因素考察

**2.3.1 反应溶剂的选择** 磷脂复合物制备一般选择非质子传递溶剂,分别以醋酸乙酯、二氯甲烷、二氯甲烷-甲醇(3:1)、正己烷、四氢呋喃为反应溶剂,考察当红景天苷与磷脂的质量比为 1:4,红景天苷质量浓度为 5 mg/mL,40 °C 下反应 2 h 所得复合物的复合率。优选出最佳反应溶剂,结果醋酸乙酯、二氯甲烷、二氯甲烷-甲醇(3:1)、正己烷、四氢呋喃复合率分别为(93.30 $\pm$ 0.50)%、(69.80 $\pm$ 9.88)%、(92.40 $\pm$ 0.57)%、(58.00 $\pm$ 4.27)%、(97.60 $\pm$ 0.15)% ( $n=3$ )。四氢呋喃的复合率最高,故反应溶剂选择四氢呋喃。

**2.3.2 反应物质量浓度的影响** 选定反应溶剂为四氢呋喃,其他条件同“2.3.1”项,考察不同反应物

质量浓度 (5、20、30 mg/mL) 对药物复合率的影响。复合率分别为 (98.06±1.23)%、(95.94±1.77)%、(86.58±0.17)% (n=3)。反应物质量浓度对药物的复合率影响较大, 在其余条件不变的情况下, 随药物质量浓度的增加, 药物的复合率逐渐降低。因此药物质量浓度不宜过高。

**2.3.3 反应时间的影响** 选定反应溶剂为四氢呋喃, 其他条件同“2.3.1”项, 考察不同反应时间(0.5、1.5、2.0、3.0 h)对药物复合率的影响。复合率分别为 (98.29±0.28)%、(97.15±0.08)%、(98.80±0.28)%、(98.42±0.58)% (n=3)。药物复合率受时间影响较小, 药物与磷脂反应 2 h 后, 复合率基本达到稳定。

**2.3.4 投料比的影响** 选定反应溶剂为四氢呋喃, 其他条件同“2.3.1”项, 考察红景天苷与磷脂的投料比(2:1、1:1、1:2、1:3、1:4、1:5)对药物复合率的影响。复合率分别为 (57.39±4.67)%、(51.03±1.43)%、(77.17±2.54)%、(93.93±0.47)%、(97.40±2.61)%、(97.24±2.04)% (n=3)。复合率随红景天苷在体系中所占比例的降低而增加, 红景天苷与磷脂的投料比是影响药物反应的复合率的重要因素。

**2.3.5 反应温度的影响** 选定反应溶剂为四氢呋喃, 其他条件同“2.3.1”项, 考察不同反应温度(20、40、60 °C)对药物复合率的影响, 复合率分别为 (97.41±2.13)%、(97.39±0.87)%、(95.91±0.67)% (n=3)。反应温度对药物复合率影响不大, 但温度过高影响复合物的稳定性。在温度为 20 °C 时复合率比较高。

**2.4 正交设计试验**

采用 SPSS 18.0 统计软件, 根据单因素考察的实验结果, 表明反应物的质量浓度、投料比和反应温度对复合率影响较大。因此, 以复合率为指标, 通过正交设计试验进一步优化这 3 个因素的最佳水平。选定反应溶剂为四氢呋喃, 反应时间为 2 h, 采用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交设计表, 对投料比(A)、反应温度(B)、反应物质量浓度(C) 3 因素设置 3 水平进行考察。实验设计及结果见表 1, 方差分析见表 2。

根据极差分析可知, 表明各因素对综合指标影响大小为 A>C>B, 即投料比影响最大, 其次是反应物质量浓度, 再次是反应温度。由表 2 结果表明, 以复合率为考察指标, A 因素的 P<0.05, 因此 A 因素具有显著性意义, 以 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> 为佳, 最终选用红

表 1 红景天苷磷脂复合物制备的 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交设计及结果  
Table 1 Design and results of L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) orthogonal test of preparation of SAD-PLC

试验号	A	B/°C	C/(mg·mL <sup>-1</sup> )	D (误差)	复合率/%
1	1:1 (1)	20 (1)	5 (1)	(1)	24.21±0.08
2	1:1 (1)	40 (2)	10 (2)	(2)	46.48±0.49
3	1:1 (1)	60 (3)	30 (3)	(3)	13.32±0.04
4	1:3 (2)	20 (1)	10 (2)	(3)	97.34±0.31
5	1:3 (2)	40 (2)	30 (3)	(1)	87.17±0.24
6	1:3 (2)	60 (3)	5 (1)	(2)	97.14±0.12
7	1:4 (3)	20 (1)	30 (3)	(2)	96.09±0.06
8	1:4 (3)	40 (2)	5 (1)	(3)	95.63±0.34
9	1:4 (3)	60 (3)	10 (2)	(1)	97.00±0.35
K <sub>1</sub>	84.0	217.6	216.9	208.4	
K <sub>2</sub>	281.6	229.3	240.8	239.7	
K <sub>3</sub>	288.7	207.4	196.6	206.2	
R	204.7	21.9	44.2	33.5	

表 2 方差分析

Table 2 Analysis of variance

误差来源	偏差平方和	自由度	F 值	显著性
A	8 999.807	2	38.446	P<0.05
B	80.060	2	0.342	
C	326.327	2	1.394	
D (误差)	234.087	2		

F<sub>0.05</sub>(2, 2) = 19.00 F<sub>0.01</sub>(2, 2) = 99.00

景天苷与磷脂的投料比为 1:4, 反应温度为 40 °C, 反应物质量浓度为 10 mg/mL。

**2.5 验证试验**

据单因素影响试验和正交设计结果, 结合实际情况选择了反应溶剂为四氢呋喃, 红景天苷与磷脂的投料比为 1:4, 反应物质量浓度为 10 mg/mL, 在 40 °C 磁力搅拌 2 h 的较优反应条件制备 3 批红景天苷磷脂复合物。测得复合率分别为 (98.2±0.15)%、(98.44±0.21)%、(98.78±0.48)% , 此结果表明在最佳综合评分工艺条件下, 复合率较高, 重现性好, 工艺稳定。

**2.6 磷脂复合物的表征**

**2.6.1 紫外 (UV) 扫描** 将红景天苷和红景天苷磷脂复合物分别溶于甲醇中, 全波长进行紫外扫描。结果见图 1。由 UV 分析可知, 红景天苷和红景天苷磷脂复合物的紫外光谱形状相似, 最大吸收均在 275 nm, 但吸光度明显下降, 造成这一现象的原因可能是大豆磷脂的极性基团部分与红景天苷发生了较强的相互作用。

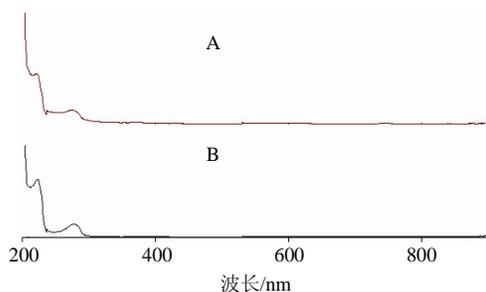


图 1 红景天苷原料药 (A) 和红景天苷磷脂复合物 (B) 的 UV 图

Fig. 1 UV absorption spectra of SAD (A) and SAD-PLC (B)

**2.6.2 傅里叶变换红外光谱 (FT-IR) 分析** 精密称取适量红景天苷磷脂复合物、红景天苷、物理混合物和大豆磷脂于玛瑙研钵中, 加入 KBr 研磨, 混和均匀, 压片后进行检测。扫描结果见图 2。检测条件: 扫描范围  $4\ 000\sim 400\ \text{cm}^{-1}$ , 分辨率  $4\ \text{cm}^{-1}$ , 扫描次数 16 次。由图 2 可知, 红景天苷的特征峰主要有  $1\ 517$ 、 $1\ 260$ 、 $822\ \text{cm}^{-1}$  等。形成磷脂复合物后,  $1\ 517\ \text{cm}^{-1}$  峰强减弱,  $822\ \text{cm}^{-1}$  峰消失, 说明 SAD 的结构官能团与磷脂的某些部位发生了相互作用, 而物理混合物中这一变化不明显。磷脂的特征峰主要是  $2\ 923$ 、 $2\ 852$ 、 $1\ 735$ 、 $1\ 088\ \text{cm}^{-1}$  等。红景天苷磷脂复合物中保留了磷脂的特征峰, 但峰形和宽度发生了一定的改变, 这说明磷脂的结构受到 SAD 的影响, 两者相互作用形成红景天苷磷脂复合物。推测在红景天苷与磷脂间形成了大量的氢键。

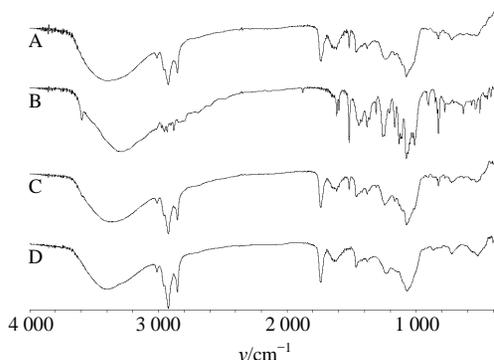


图 2 红景天苷磷脂复合物 (A)、红景天苷 (B)、物理混合物 (C) 和大豆磷脂 (D) 的 FT-IR 图

Fig. 2 IR absorption spectra of SAD-PLC (A), SAD (B), physical mixture of SAD with PLC (C), and phospholipid (D)

**2.6.3 差示扫描量热分析 (DSC)** 将  $5.0\ \text{mg}$  (按红景天苷计) 的红景天苷、大豆磷脂、红景天苷和大豆磷脂的物理混合物以及红景天苷磷脂复合物进行 DSC 分析, 以空铝坩埚为参比物, 另一坩埚内放入样品, 扫描速度  $20.0\ \text{mL}/\text{min}$ , 气氛为  $\text{N}_2$ , 扫描

范围为  $30\sim 300\ ^\circ\text{C}$ , 结果见图 3。红景天苷与磷脂物理混合物仍能分别观察到红景天苷和磷脂的特征峰; 红景天苷与磷脂制成复合物后, 上述特征峰的峰形及面积均有较大变化。原因可能是由于在形成磷脂复合物的过程中, 红景天苷高度分散于大豆磷脂中, 形成了与红景天苷、磷脂及红景天苷磷脂物理混合物热力学性质均有不同的新物相。

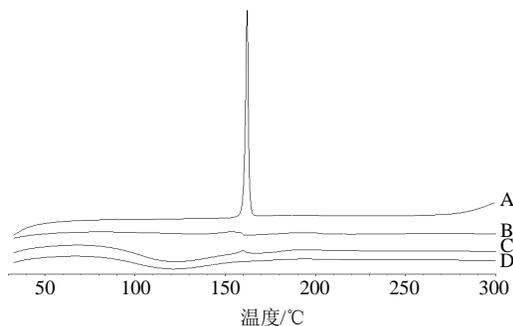


图 3 红景天苷原料药 (A)、红景天苷磷脂复合物 (B)、物理混合物 (C) 和大豆磷脂 (D) 的 DSC 图

Fig. 3 Overlaid DSC spectra of SAD (A), SAD-PLC (B), physical mixture of SAD with PLC (C), and phospholipid (D)

**2.6.4 X 射线衍射分析 (XRD)** 检测条件: 石墨单色器单色化  $\text{Cu-K}\alpha$ , 管压  $40\ \text{kV}$ , 管流  $20\ \text{mA}$ , 衍射范围  $5^\circ < 2\theta < 45^\circ$ 。分别将红景天苷、大豆磷脂、红景天苷磷脂复合物和红景天苷与大豆磷脂的物理混合物进行 XRD 分析, 结果见图 4。红景天苷在  $5^\circ < 2\theta < 45^\circ$  呈现许多结晶峰, 表明红景天苷主要以结晶型存在, 而磷脂在  $20^\circ$  以后则表现出无定形特征, 图中仅为一无定形宽峰。在物理混合物的衍射图谱中, 仍出现红景天苷结晶的衍射峰, 而在红景天苷磷脂复合物的衍射图谱中, 红景天苷晶体衍射峰几乎完全消失, 红景天苷磷脂复合物表现出磷脂的无定形特征。产生这一现象的原因可能是红景天苷与磷脂极性端定向结合, 使红景天苷处于高度分散的状态, 导致其本身晶体特征被抑制<sup>[9-10]</sup>。

**2.7 油水分配系数测定**

**2.7.1 红景天苷在正辛醇-水系统中平衡时间的确定** 配制适量质量浓度复合物的正辛醇溶液 (水饱和, 相当于  $100\ \mu\text{g}/\text{mL}$  红景天苷质量浓度)  $100\ \text{mL}$ , 从其中精密移取  $10\ \text{mL}$  于  $50\ \text{mL}$  具塞三角烧瓶, 再精密加入  $10\ \text{mL}$  的水溶液 (正辛醇饱和), 共 6 份, 在室温下置于振荡器中振摇, 分别于 2、4、6、8、10、24 h 取其中 1 份样品, 取下层水溶液进行红景天苷的定量测定。按“2.2”项方法分别进行测定, 结果各个时间点红景天苷的 A 值分别为  $0.781\pm$

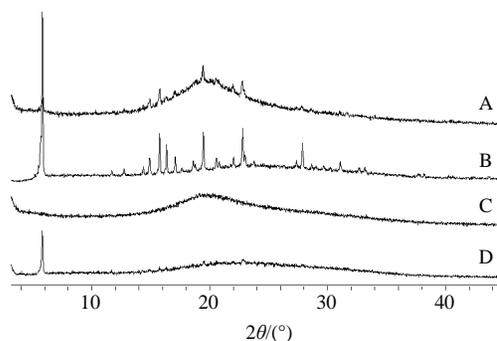


图 4 物理混合物 (A)、红景天苷 (B)、大豆磷脂 (C) 和红景天苷磷脂复合物 (D) 的 XRD 图

Fig. 4 XRD spectra of physical mixture of SAD with PLC (A), SAD (B), phospholipid (C), and SAD-PLC (D)

0.121、 $0.856 \pm 0.576$ 、 $0.850 \pm 0.583$ 、 $0.706 \pm 0.547$ 、 $0.716 \pm 1.542$ 、 $0.670 \pm 1.824$  ( $n=3$ )。可知红景天苷在正辛醇-水系统中的基本平衡时间为 8 h。

**2.7.2 表观油水分分配系数的测定** 取红景天苷、红景天苷磷脂复合物适量，分别制成正辛醇溶液（水饱和），离心备用。精密移取 10 mL 各样品正辛醇溶液和不同 pH 值的水溶液（正辛醇饱和），置于 50 mL 磨口三角烧瓶中，室温下置于振荡器中震荡 8 h 后，将上层正辛醇层相转移至离心管中，离心（3 000 r/min）5 min，将上层液用 0.45 μm 膜滤过，取 1 mL 续滤液于量瓶中，按“2.2”项下分别进行测定。计算表观油水分分配系数[表观油水分分配系数=(药物在油相中的浓度-药物在水相中的浓度)/药物在水相中的浓度]，结果见表 3、4。由表 3 可知 pH 值对红景天苷表观油/水分分配系数影响很大，随着 pH 值增大红景天苷溶解度变小。由表 4 可知磷脂复合物对于红景天苷在正辛醇中的溶解度和表观油水分分配系数有所提高，pH 值对磷脂复合物的表观油水分分配系数影响不大，磷脂复合物在 pH 6.0、7.4 溶解性最好。

### 3 讨论

红景天苷与磷脂的投料比是影响药物的复合率

表 3 红景天苷在正辛醇-水系统中的表观油水分分配系数 ( $n=3$ )

Table 3 Apparent partition coefficient of SAD in octanol-water system ( $n=3$ )

pH	$\rho/(\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1})$		表观油水分 配系数
	正辛醇相	水相	
3.6	$0.44 \pm 0.78$	$0.64 \pm 0.17$	$0.69 \pm 0.87$
4.5	$0.41 \pm 0.54$	$0.67 \pm 1.02$	$0.62 \pm 1.27$
6.0	$0.26 \pm 1.24$	$0.82 \pm 1.54$	$0.32 \pm 1.35$
7.4	$0.16 \pm 0.38$	$0.92 \pm 0.87$	$0.18 \pm 0.62$

表 4 红景天苷磷脂复合物在正辛醇-水系统中的表观油水分分配系数 ( $n=3$ )

Table 4 Apparent partition coefficient of SAD-PLC in octanol/water system ( $n=3$ )

pH 值	$\rho/(\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1})$		表观油水分 配系数
	正辛醇相	水相	
3.6	$0.55 \pm 0.15$	$0.49 \pm 0.78$	$1.11 \pm 0.57$
4.5	$0.51 \pm 0.74$	$0.53 \pm 1.54$	$0.96 \pm 1.20$
6.0	$0.53 \pm 2.41$	$0.51 \pm 1.57$	$1.03 \pm 1.87$
7.4	$0.60 \pm 0.67$	$0.44 \pm 0.45$	$1.38 \pm 0.58$

重要因素，随药物在反应体系中的比例降低，复合率提高。反应物质量浓度对红景天苷的复合率的影响较大，复合率与反应物质量浓度呈反比。药物在溶液中的反应是一个不断运动过程，适当的药物浓度可提供良好的反应环境而利于反应的发生。

本研究结果表明，磷脂复合物可以改善红景天苷的溶解性能，较大油水分分配系数的药物更容易穿透皮肤角质层，这就为制备成磷脂复合物提高透皮吸收提供了可能性。

### 参考文献

- [1] 陈辉, 崔颖, 李灵芝. 红景天苷及其类似物合成研究进展 [J]. 天津药学, 2011, 23(5): 28-33.
- [2] 马赵进, 来吉祥, 何聪芬, 等. 红景天活性成分的提取工艺及其美容功效研究 [J]. 日用化学工业, 2009, 12(6): 402-404.
- [3] 史飞, 李铀, 王毅侠, 等. 红景天甙对经 UVAUVB 辐射的成纤维细胞生长形态的影响 [J]. 北京中医药, 2010, 29(8): 627-631.
- [4] 金玉. 人参皂苷 Rb<sub>1</sub> 和红景天苷抗 UVB 照射永生角质形成细胞氧化损伤能力的研究 [D]. 南京: 南京中医药大学, 2009.
- [5] 杨爱荣. 红景天苷对人皮肤黑色素瘤细胞 A375 侵袭能力影响的实验研究 [D]. 西宁: 青海大学, 2012.
- [6] 张明发, 沈雅琴. 红景天苷及其苷元酪醇的抗炎、抗肿瘤和免疫调节作用 [J]. 药物评价研究, 2013, 36(3): 228-234.
- [7] 吴建梅, 陈大为, 孙波, 等. 天然活性成分磷脂复合物药理学研究概述 [J]. 中国药学杂志, 1998, 33(4): 9-11.
- [8] 李艳贞, 阎卉, 刘欢, 等. 长春瑞滨磷脂复合物的制备及其性质研究 [J]. 现代药物与临床, 2012, 27(6): 570-574.
- [9] 杨鸿波. 槲皮素, 银杏磷脂复合物的研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2004.
- [10] 李颖. 葛根素磷脂复合物的制备技术及体内外特性研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2006.