

# 胶束薄层色谱分离甘草活性成分的影响因素及优化方法\*

崔淑芬<sup>1,2</sup>, 林焕冰<sup>1,3</sup>, 王小如<sup>2</sup>

(1. 深圳职业技术学院应用化学与生物技术学院, 深圳 518055; 2. 厦门大学化学化工学院, 厦门 361005; 3. 广东省食品药品监督管理局审评认证中心)

**摘要** 目的: 为甘草的胶束薄层色谱指纹图谱寻找最优胶束流动相。方法: 首先采用单因子法, 寻找影响甘草胶束薄层色谱的影响因素, 在此基础上, 采用控制加权可变步长单纯形优化法进行甘草胶束薄层色谱指纹图谱的流动相优化。结果: 对甘草的胶束薄层色谱分离条件(表面活性剂的种类和含量、醇和酸改性剂的影响等)进行了实验, 表明纯胶束薄层色谱的柱效较低, 加入醇和酸类改性剂后柱效有明显提高。通过对改性胶束的进一步优化(控制加权可变步长单纯形优化法), 得到优化的甘草改性胶束展开剂组成为: 0.23 mol·L<sup>-1</sup>的 SDS + 16% (v/v) 正丁醇 + 11% (v/v) 甲酸。本研究对胶束薄层色谱的一些分离机理亦进行了探讨。结论: 胶束薄层色谱的表面活性剂和各添加剂间存在交互作用, 需采用合适的优化方法, 才能达到分离中药材复杂活性成分的目的。

**关键词:** 胶束薄层色谱; 表面活性剂; 添加剂; 改性剂; 胶束流动相; 胶束展开剂; 优化; 色谱的选择性; 甘草; 中药指纹图谱  
中图分类号: R917 文献标识码: A 文章编号: 0254-1793(2012)03-0505-07

## Impact factors and optimization method on the separation of active components in licorice by micellar thin layer chromatography\*

CUI Shu-fen<sup>1,2</sup>, LIN Huan-bing<sup>1,3</sup>, WANG Xiao-ru<sup>2</sup>

(1. Department of Biological Applied Engineering, Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China;  
2. The College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China  
3. Guangdong Food and Drug Administration Center for Evaluation and Certification, Guangzhou 510080, China)

**Abstract Objective:** To seek the best mobile phase of micellar thin-layer chromatography (MTLC) of licorice fingerprint. **Method:** Single impact factor of mobile phase in licorice MTLC fingerprint was tested individually and controlled weighted centroid simplex method was used finally to optimize the mobile phase of licorice MTLC fingerprint. **Results:** The selectivity of micellar TLC was studied for the separation of active components in licorice under various operation variables including concentrations of surfactant and co-surfactant, surfactant type, addition of acid modifier et al. The results show that the low chromatography efficiency of micellar TLC could be improved by the addition of alcohol and acid modifier. Using controlled weighted centroid simplex method, optimization micellar TLC developing system of licorice was achieved which consists of 0.23 mol·L<sup>-1</sup> SDS, 16% (v/v) n-butanol and 11% (v/v) methyl acid. In addition, the separation mechanism of micellar TLC was also discussed. **Conclusion:** The appropriate optimization method should be tried to get the reliable mobile phase for the alternate impact of several parameters in MTLC.

**Key words:** micellar thin layer chromatography (MTLC); surfactant; additive; modifier; micellar mobile phase; micellar developing solvent; optimization; chromatographic selectivity; licorice (Glycyrrhizae Radix et Rhizoma); TCM fingerprint

1979年 Armstrong 等将表面活性剂作为流动相引入薄层色谱, 开辟了薄层色谱分析的新领域——

胶束薄层色谱法 (micellar thin-layer chromatography, MTLC)<sup>[1]</sup>。MTLC 与常规 TLC 相比具有价廉、

\* 国家自然科学基金资助项目 (No. 20235020)

第一作者 Tel: 15012701322; E-mail: shufencui@163.com

安全、无毒及适用性广等优点。MTLC 已成功用于金属离子、氨基酸和一些药物的分析<sup>[2~4]</sup>

在胶束色谱中,分析物的色谱行为受胶束-水分配系数、固定相-水分配系数和固定相-胶束分配系数的综合影响<sup>[5~9]</sup>,因此,较之常规 TLC,MTLC 有更多的参数可以优化以提高色谱的选择性。另外,表面活性剂不但改变流动相,对固定相也有影响,胶束色谱的固定相常常会有一些新型的分离功能或具有增强荧光检测信号的能力<sup>[10~12]</sup>。因此,在复杂的分析体系中(如中药材指纹图谱分析),只有充分利用 MTLC 的分离机理和良好的优化方法,才能得到满意的结果。

甘草属于豆科(Leguminosae)甘草属(*Glycyrrhiza* spp.)灌木状多年生草本植物。甘草为重要的常用中药,具有止咳化痰、解毒清热、缓急止痛及调和诸药等作用,俗称“十方九草”,在临床上有大量的应用。甘草主要含三萜类和黄酮类成分<sup>[13]</sup>。甘草薄层色谱目前的方法多是采用硅胶固定相,有机混合溶剂为展开剂<sup>[14,15]</sup>。

本研究以甘草对照品的比移值(Rf)、分析效能和甘草紫外扫描指纹图谱整体分离情况为评价指标,对表面活性剂浓度、醇类添加剂和酸类改性剂对胶束薄层色谱的影响进行了系统研究;对胶束薄层色谱 2 个溶剂前沿提出了新的解释,认为第一前沿中应不包括表面活性剂单体;采用控制加权可步长单纯形优化法对甘草的改性胶束展开剂进行了优化,方法简单易行,能够快速获得胶束薄层色谱流动相的最佳组成。

## 1 实验部分

### 1.1 仪器与材料

CAMAG Linomat 5 半自动点样仪, CAMAG ReproStar 3 薄层色谱数码成像系统, CAMAG Scanner 3 薄层色谱扫描仪。Grant XB14 超声波清洗机。滤膜(美国 Millipor Corporation, 孔径 0.45 μm)。聚酰胺薄膜(浙江台州四青生化材料厂)。

对照品中甘草酸单铵盐(75%)和甘草次酸(98%)由中国亿利资源集团公司李秉经理提供,甘草苷(96.4%)、异甘草苷(96%)和甘草素(97%)由厦门大学傅博强博士制备。甘草药材为内蒙产乌拉尔甘草,由中国亿利资源集团公司提供,经中国医学科学院药用植物研究所林寿全教授鉴定为 *Glycyrrhiza*

*uralensis* Fisch. 适当粉碎后过 60 目筛备用。表面活性剂十二烷基硫酸钠(SDS)和十六烷基三甲基溴化铵(CTAB)、实验溶剂均为分析纯。SDS 和 CTAB: Bio. Basic. Inc.; 正丁醇: 广东台山粤侨试剂塑料有限公司; 甲酸: 广东台山粤侨试剂塑料有限公司; HCOOH 含量为 88.0%; 甲醇: 汕头市光华化学厂。水为超纯水。

**1.2 供试品溶液的制备** 精密称取甘草药材粉末(过 60 目筛) 0.4 g, 加入 50% 甲醇溶液 40 mL, 冷浸 10 h 后超声提取 30 min, 离心。上清液挥干, 加 2 mL 甲醇定容, 过 0.45 μm 滤膜, 滤液作为供试品溶液。

**1.3 对照品溶液的配制** 以甲醇为溶剂, 分别配制下列浓度的对照品溶液: 2.0 mg·mL<sup>-1</sup> 甘草酸, 2.2 mg·mL<sup>-1</sup> 甘草次酸, 2.0 mg·mL<sup>-1</sup> 甘草苷, 2.0 mg·mL<sup>-1</sup> 甘草素和 2.0 mg·mL<sup>-1</sup> 异甘草苷。

**1.4 胶束展开剂的配制** 取一定量的表面活性剂(有时需要加入一定的改性剂), 加水搅拌使其溶解(CTAB 有时需加热), 定容到一定体积。

**1.5 薄层色谱实验条件** 每个药材供试品溶液(或对照品溶液)用 CAMAG Linomat5 半自动点样仪带状点样 1.5 μL 于聚酰胺薄膜上, 点样后即室温展开(25℃), 上行方式展开, 展距为 95 mm。待溶剂前沿到达指定位置后, 取出薄层板, 晾干。进行 366 nm 荧光下的数码摄像。然后进行薄层扫描, 扫描条件: D2&W 灯, 254 nm 单波长反射方式吸收扫描, 狭缝大小采用 6.00 mm×0.45 mm, 扫描速度为 20 mm·s<sup>-1</sup>。Wincats 软件自动进行数据处理。

## 2 结果与讨论

### 2.1 表面活性剂的种类和浓度

SDS 为常用的阴离子表面活性剂, 其临界胶束浓度为  $8.1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 文献报道其常用浓度为 0.01~0.4 mol·L<sup>-1</sup><sup>[16]</sup>。试验了 SDS 浓度为 0.05~0.35 mol·L<sup>-1</sup> 范围内 4 个浓度水平的胶束溶液作为展开剂。结果表明, 纯 SDS 胶束溶液展开剂对甘草的色谱分离能力有限; 色谱图像拖尾严重, 看不出清楚的色带, 展开不均匀, 柱效低。随着 SDS 浓度的增加, 各组分的保留值发生变化(表 1)。各对照品的 Rf 都随着 SDS 浓度的增加而增大。这个特征和文献报道的情况<sup>[16,17]</sup>一致。另外, 随着胶束浓度的增大, 展开时间也逐渐延长, 纯水展开时间为 17 min, 而 0.35 mol·L<sup>-1</sup> SDS 胶束展开剂的展开时间则为 56 min。

表 1 SDS 浓度对甘草组分保留行为(Rf)的影响

Tab 1 Retention factor(Rf) of several marker compounds of licorice observed in different SDS concentration

$C_{SDS}$ /mol · L <sup>-1</sup>	甘草素 (liquiritigenin)	异甘草苷 (isoliquiritin)	甘草苷 (liquiritin)	甘草次酸 (18β-glycyrrhetic acid)	甘草酸 (glycyrrhizin)	第二前沿 (the second front)
0	0.11	0.08	0.06	0.00	0.00	-
0.05	0.06	0.17	0.27	0.60	0.68	0.68
0.15	0.07	0.31	0.40	0.78	0.88	0.88
0.25	0.10	0.40	0.56	0.86	0.94	0.94
0.35	0.10	0.41	0.58	0.86	0.94	0.94

CTAB 为常用的阳离子表面活性剂,其临界胶束浓度为  $9.2 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,文献报道其常用浓度为  $0.001 \sim 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ [17]。试验  $0.01 \sim 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  3 个浓度水平的 CTAB 浓度,结果表明,CTAB 胶束溶液对甘草的分离情况不如 SDS 胶束溶液,图像更加模糊,展开不均匀,所以后续胶束色谱试验不采用 CTAB。

在胶束色谱的展开过程中,一个比较显著的特征是存在 2 个溶剂前沿。关于 2 个溶剂前沿的组成。文献[18]认为第一前沿是由水、盐、表面活性剂单体组成的,第二前沿是含表面活性剂胶束的前沿。而根据表面化学的研究结果,表面活性剂单体应吸附在固定相上[25],表面活性剂单体和胶束是个动态平衡过程[26]。所以第一前沿只能是水层(如果有盐类,也会在此层中);第二前沿才是表面活性剂单体、胶束和水组成的,即通常所谓的胶束前沿。甘草酸在 CTAB 胶束溶液中的保留行为也证明了本文的观点。在各种浓度的 CTAB 胶束浓度下,甘草酸和第二溶剂前沿都完全重合。而如果第一前沿展开剂中存在 CTAB 表面活性剂单体,则甘草酸和 CTAB 阳离子表面活性剂会有“离子对”效应,甘草酸不可能停留在第二溶剂前沿。

### 2.2 醇类添加剂的影响

在  $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 SDS 溶液中,添加体积分数分别为 5%、10%、15%、20%、25% 的正丁醇。从实验结果看,在胶束溶液中添加正丁醇,最明显的特征是显著提高柱效,明显改善了薄层图像的拖尾现象。

正丁醇加入胶束溶液后,除了对柱效有影响外,对分离选择性也有影响。醇的含量对甘草各组分 Rf 的影响见图 1。从图中可以看出,正丁醇对甘草各组分的选择性影响较大。在 SDS 胶束溶液中添加少量正丁醇后,除甘草酸以外,各组分的 Rf 较纯胶束溶液均有所降低,但随着正丁醇加入量的逐渐

增加,各组分的 Rf 值又逐渐增加。使用不同含量的正丁醇胶束溶液展开剂,甘草次酸和甘草苷的 Rf 大小顺序发生变化。

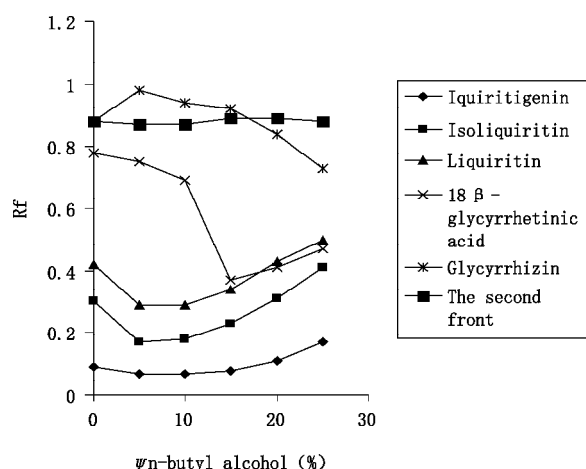


图 1 正丁醇浓度对甘草分离选择性的影响

Fig 1 Effect of different concentration of n-butyl alcohol to the relative selectivity of licorice component

SDS 纯胶束溶液添加正丁醇后,由于柱效提高和选择性的改变,使得甘草的指纹图谱发生较大的变化。图 2 是添加不同浓度正丁醇的甘草胶束薄层扫描指纹图谱。从分离数和分离度比较,添加 20% (v/v) 正丁醇的  $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  胶束展开剂对甘草的分离情况较佳,但整体而言,由于各峰多集中在 Rf 为  $0 \sim 0.5$  之间,展开空间未得到很好的利用,说明还应进一步优化胶束的组成。

另外,正丁醇的添加对展开时间有很大影响。随着正丁醇浓度的增大,展开时间由 33 min (无添加正丁醇) 增加到 144 min (25% 正丁醇, φ/%)。这可能和胶束体积的增大有关。实验还发现,正丁醇的添加对 SDS 的溶解度有影响,在  $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 SDS 溶液中,添加体积分数为 30% 以上的正丁醇,SDS 有析出的现象。

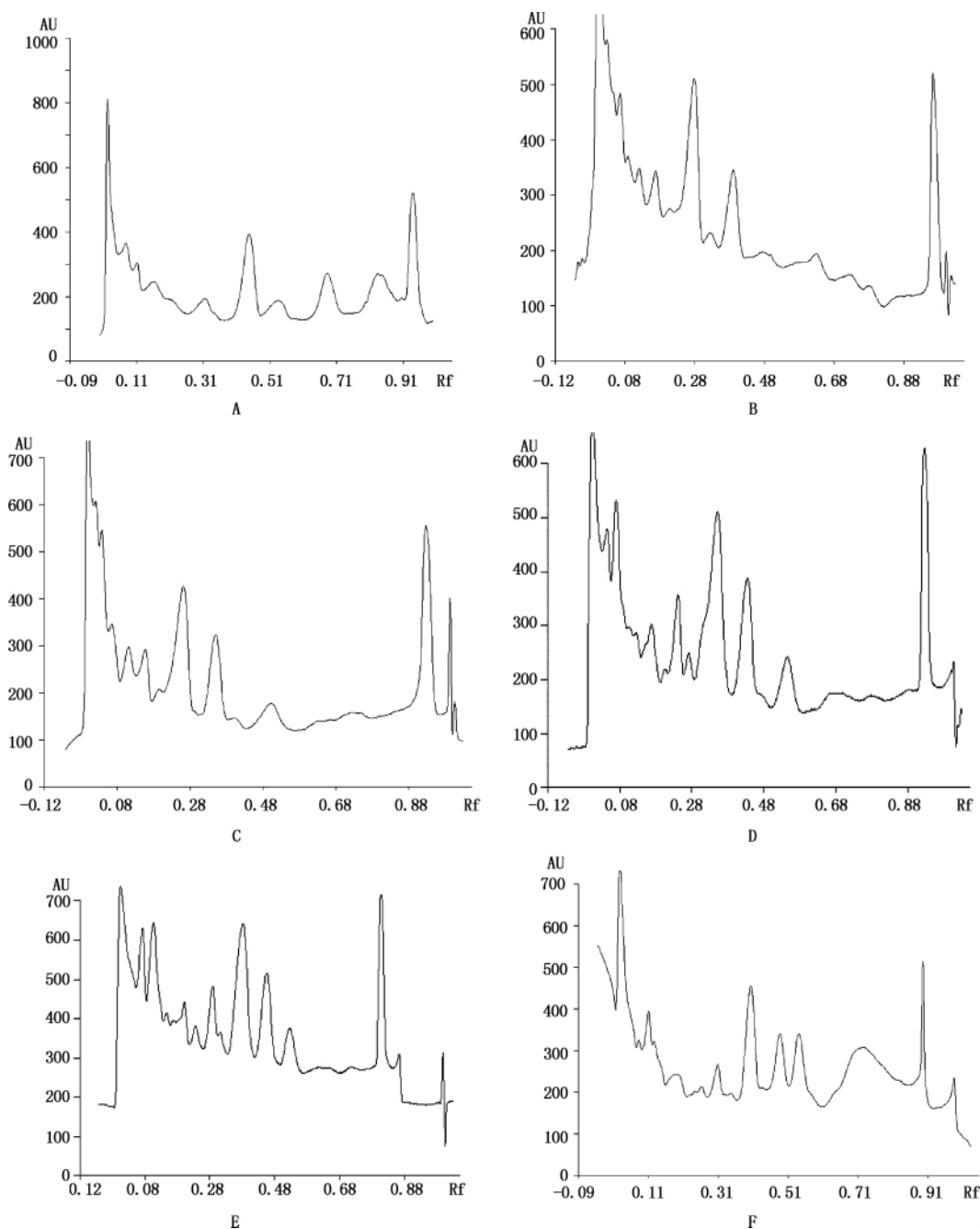


图2 甘草的不同浓度正丁醇改性胶束薄层扫描指纹图谱

Fig 2 MTLC absorption scanning fingerprints of licorice using different concentration of *n*-butyl alcohol modified micellar eluent

A、B、C、D、E 和 F 所用改性胶束展开剂中正丁醇的体积分数分别为 0.5%、10%、15%、20%、25% [The concentration of *n*-butyl alcohol ( $\varphi$ ) of modified micellar eluent in Fig A、B、C、D、E and F is 0.5%、10%、15%、20% and 25% respectively]

### 2.3 甲酸的影响

一般而言,展开剂中加入少量酸、碱,可抑制某些酸、碱性物质或其盐类的解离而产生斑点拖尾。在甘草的有机展开剂中加入 10% 左右的甲酸展开效果较好<sup>[14,15]</sup>。因此,我们实验了在胶束溶液中加入不同浓度的甲酸,考察其对甘草胶束色谱分离的影响。由于  $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  SDS 和  $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

SDS 纯胶束溶液的展开效果近似,而甲酸的添加对 SDS 的溶解度没有影响,所以本部分胶束溶液的改性以  $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  SDS 为基础。

甲酸改性的 SDS 胶束展开剂对甘草的分离影响较大。 $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  SDS 加入甲酸后各组分的 Rf 变化情况见图 3。甲酸的加入降低了第二溶剂前沿,说明在酸性条件下,SDS 表面活性剂在固定相上

的吸附量更大。而且随着甲酸浓度的增大,表面活性剂的吸附量也增大,所以第二前沿随甲酸量的增加而减小。甘草酸的  $R_f$  和纯胶束中的情况类似,其大小和第二前沿一致,只是由于第二前沿随甲酸浓度增大而减小,甘草酸的  $R_f$  也呈减小趋势。

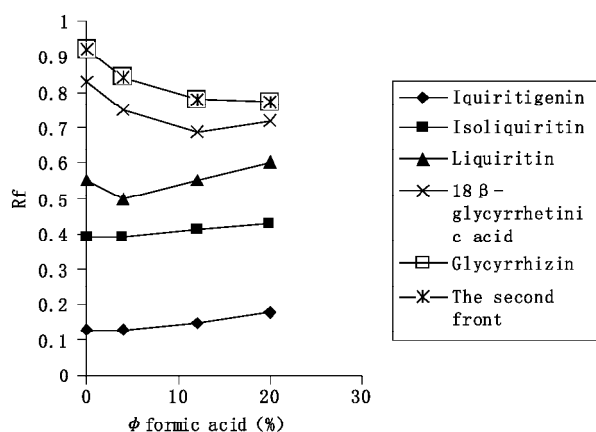


图3 甲酸对甘草各组分  $R_f$  的影响

Fig 3 Effect of different concentration of formic acid to the relative selectivity of licorice component

甲酸的加入对提高柱效也有帮助,能够在一定程度上抑制拖尾。另外,甲酸的加入对展开时间影响不大,这个特征对筛选改性胶束系统很有意义,因为正丁醇在提高柱效的同时,也增大了分离时间。

### 2.4 单纯形法优选甘草的最佳改性胶束系统

纯胶束溶液中加入正丁醇或甲酸后,柱效都有所提高,对分离选择性也都有影响,因此,寻找甘草分离的最佳改性胶束条件,必须综合考察 SDS 浓度、正丁醇浓度和甲酸浓度这 3 个因素的效应。在这种情况下,利用单纯形法寻找甘草胶束色谱的最优分离条件则很合适。

**2.4.1 控制加权可变步长单纯形优化法** 单纯形 (simplex) 是指多维空间的凸多边形,若分离体系的影响因子数目为  $n$ ,则单纯形是  $n$  维空间中由  $n+1$  个顶点组成的凸多边形。单纯形算法自 1962 年由 Spendley 提出至今,经过简单单纯形、改进单纯形、加权形心单纯形和控制加权形心单纯形的不断改进而趋于完善<sup>[21~23]</sup>。控制加权形心法 (controlled weighted centroid method, CWCM) 通过对形心加权控制使优化点的搜索方向更靠近最优区域,避免了单纯形退化和优化速度减慢。

**2.4.2 影响因子、初始值、步长和上下限的确定** 通过上述单因子法对甘草胶束薄层色谱分离条件的研究,确定影响体系分离效果的影响因子为: SDS 浓

度、正丁醇浓度和甲酸浓度。其使用范围、步长和初始值列于表 2。

表 2 单因子法确定影响因子使用范围、步长和初始值

Tab 2 Choosing the factors and their initial levels, interval limits from preliminary separation experiments with single factor method

影响因子 (factors)	$C_{SDS}/\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	正丁醇浓度 ( $\Phi_n$ -butyl alcohol) /% (v/v)	甲酸浓度 ( $\Phi_{\text{formic acid}}$ ) /% (v/v)
上限 (top limit)	0.40	25	25
下限 (low limit)	0.05	5	5
步长 (interval)	0.10	5	3
初始值 (initial)	0.15	15	12

**2.4.3 用 Long 系数法确定初始单纯形顶点** 由 Long 表中的系数计算出初始单纯形的各顶点。初始单纯形实验的实验表见表 3。

表 3 初始单纯形实验表

Tab 3 The start vertexes defined by Long Coefficient Design Table

实验序号 No.	$C_{SDS} / \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	正丁醇浓度 $\Phi_n$ -butyl alcohol /% (v/v)	甲酸浓度 $\Phi_{\text{formic acid}} / \%$ (v/v)
1	0.15	15	12
2	0.25	15	12
3	0.20	19	12
4	0.20	16	14

**2.4.4 目标函数** 目标函数采用改良的色谱优化函数 (modified chromatographic optimisation function,  $\text{COF}_{\text{mod}}$ )<sup>[24]</sup>。

$$\text{COF}_{\text{mod}} = -100 \sum [A_i \ln(R_i / R_{i+1d})] - B \sum D_j (R_j) - C(N - N_1) / N_1$$

其中  $N$  为每次实验的 TLC 斑点数  $k = N - 1$  为相邻斑点对数;  $N_1$  为第 1 次实验的斑点数;  $R_{i,j+1}$  为相邻斑点分离度,  $R_{i,j+1} = 1.177 (L_{i+1} - L_i) / (W_{0.5hi+1} + W_{0.5hi})$ ,  $L_i$  和  $L_{i+1}$  分别为第  $i$  和第  $i+1$  个斑点的移动距离,  $W_{0.5hi}$  和  $W_{0.5hi+1}$  分别为第  $i$  和第  $i+1$  个斑点的半峰宽;  $R_{i,j+1d}$  为相邻斑点欲达到的分离度,一般选  $R_{i,j+1d} = 1.177$ ,若  $R_{i,j+1} > 1.177$ ,则令  $R_{i,j+1} = 1.177$ ; 当  $R_i < 0.2$  时,则  $D_j(R_i) =$

$(R_f - 0.2) / 0.2$ ; 当  $0.2 \leq R_f \leq 0.8$  时, 则令  $D_j(R_f) = 0$ ; 当  $R_f \geq 0.8$  时,  $D_j(R_f) = (0.8 - R_f) / 0.8$ ;  $A_i, B, C$  为权重系数, 当  $R_{i, k+1} = \min$  时,  $A_i = \max \{R_{i, k+1} / \sum R_{i, k+1}\}$ , 当  $R_{i, k+1} = \max$  时,  $A_i = \min \{R_{i, k+1} / \sum R_{i, k+1}\}$ ,  $B = 10 - 100, C = 1000 - 10000$ 。

**2.4.5 优化结果** 一旦初始单纯形实验完成, 即可进行寻优计算, 控制加权核心单纯形法的算法及程序框图同文献<sup>[22]</sup>。在初始单纯形实验的基础上, 调用 CWCM 程序进一步优化, 共做 15 次实验。结果表明, 以  $0.23 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  SDS + 16% (v/v) 正丁醇 + 11% (v/v) 甲酸组成的改性胶束展开剂分离效果最好。使用上述改性胶束展开剂得到的甘草薄层色谱图像及紫外扫描图谱见图 4, 各峰的  $R_f$  在 0.1 ~ 0.9 之间, 分离情况良好。在此基础上, 因为展开温度也是 TLC 分离的影响因素, 故而考察了温度的影响, 结果表明改变温度只是影响展开时间(温度提高展开时间缩短), 对甘草各成分的分 离几乎没有影响。

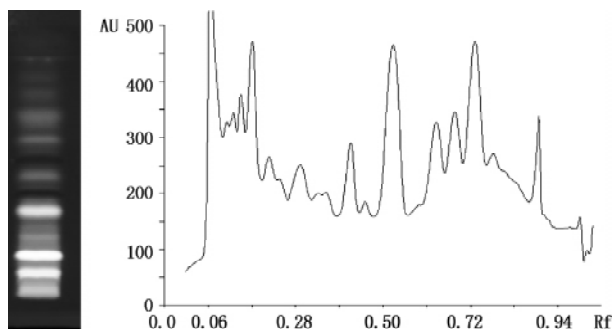


图 4 甘草改性胶束最佳展开系统图像及紫外扫描图谱

Fig 4 MTLC absorption scanning fingerprints and image of licorice using optimised micellar eluent

### 3 结论

胶束展开剂具有价廉、无毒、不挥发、不燃烧、使用安全等优点, 但纯胶束溶液由于柱效低的缘故, 分离效果不理想, 必须添加合适的有机改性剂以提高柱效和分离效果。

在甘草的胶束薄层分离中, 采用阴离子表面活性剂 SDS、正丁醇和甲酸作为改性剂效果较好。随着表面活性剂浓度的提高, 被分离组分的  $R_f$  值也随之增大。正丁醇对胶束色谱的影响很大, 正丁醇通过影响表面活性剂的吸附、改变胶束的结构等提高柱效和改变选择性。如果需要改变物质的选择性, 醇类改性剂是首选因素。甲酸对提高柱效和物质的  $R_f$  改变也有一定的影响。

由于改性胶束的各成分间存在交互作用, 所以, 采用单因素变换的方法并不能得到真正的最优改性胶束展开系统。单纯形法是一种动态寻优方法。它适合在交互作用复杂、因素较多的情况使用, 对实验有全面优化的效果, 克服了单因素优选法无法考虑各因素间的交互影响、准确性低、工作量大的缺点。通过控制加权可变速长单纯形优化法的 15 次实验, 得到甘草的改性胶束最佳展开系统:  $0.23 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 SDS、16% (v/v) 正丁醇和 11% (v/v) 甲酸组成的改性胶束。在此实验条件下, 展距 95 mm 的条件下, 可分离得到 17 个色谱峰, 分离情况良好。

### 参考文献

- 1 Armstrong DW, Mcneely M. Use of micelles in the TLC separation of polynuclear aromatic compounds and amino acids. *Anal Lett*, 1979, 12(A12): 1285
- 2 Mohammad A, Shahab H. Use of micellar anionic surfactant solutions with added carbohydrates as mobile phases in thin-layer chromatography of heavy metal cations. Separation of mixtures of aluminum (III), manganese (II), and chromium (VI). *Acta Chromatogr*, 2005, 15: 192
- 3 WEI Hong(魏红), WANG Wei-hong(王唯红), LV Jian-hua(吕建华) et al. Study and progress of micellar and microemulsion chromatography in pharmaceutical analysis(胶束色谱和微乳色谱在药物分析中的研究与进展). *Chin J Pharm Anal(药物分析杂志)* 2008, 28(8): 1390
- 4 Sherma J. Planar chromatography. *Anal Chem* 2010, 8: 4895
- 5 Armstrong DW, Stine GY. Evaluation and perturbation of micelle-solute interactions. *J Anal Chem Soc*, 1983, 55: 2317
- 6 Hernandez MJM, Alvarez-Coque MCG. Solute mobile phase and solute stationary phase interactions in micellar liquid chromatography. *Analyst*, 1992, 117: 831
- 7 Jimenez O, Marina ML. Retention modeling in micellar liquid chromatography. *J Chromatogr A*, 1997, 780: 149
- 8 Berthod A. Causes and remediation of reduced efficiency in micellar liquid chromatography. *J Chromatogr A*, 1997, 780: 191
- 9 Baltus R, Lavine BK, Ritter J. Modeling solute transport in micellar liquid chromatography. *Sep Sci Technol*, 2002, 37(15): 3443
- 10 Alak A, Heilweil E, Hinze WL, et al. Effect of different stationary phase and surfactant or cyclodextrin spray reagents on the fluorescence densitometry of polycyclic aromatic hydrocarbons and dansylated amino acids. *J Liq Chromatogr*, 1984, 7: 1273
- 11 Lepri L, Desideri PG, Heimler D. Thin-layer chromatography of closely related polypeptides on silanized silica gel. *J Chromatogr A*, 1981, 211: 29
- 12 Sherma J, Sleckman BP, Armstrong DW. Chromatography of amino acids on reversed phase thin layer plates. *J Liq Chromatogr*, 1983, 6: 95
- 13 Cui Shu-fen, Fu Bo-qiang, Lee F. SC et al. Application of microemulsion thin layer chromatography in the fingerprinting of licorice

- glycyrrhiza ( spp. ) . *J Chromatogr B* 2005 828: 33
- 14 ChP( 中国药典) . 2005. Vol I ( 一部) : Appendix( 附录) 31
- 15 CUI Shu - fen( 崔淑芬) ,JIANG Yi - lun( 蒋轶伦) ,WANG Xiao - ru( 王小如) . Study on the TLCs fingerprint of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. ( 甘草药材薄层扫描指纹图谱研究) . *J Shenyang Pharm Univ*( 沈阳药科大学学报) 2004 5: 45
- 16 Armstrong DW. Pseudophase liquid chromatography: applications to TLC. *J Liq Chromatogr* 1980 3: 895
- 17 Mohammad A ,Sharma S ,Bhawani SA. Identification and quantification of lisinopril from pure formulated and urine samples by micellar thin layer chromatography. *Int J Pharm Tech Res* 2009 1( 2) : 204
- 18 Armstrong DW ,Bui KH. Use of aqueous micellar mobile phases in reverse phase TLC. *J Liq Chromatogr* 1982 5: 1043
- 19 GUI Ti - ren( 顾惕人) ,ZHU Bu - yao( 朱步瑶) ,LI Wai - lang( 李外郎) *et al.* Surface Chemistry( 表面化学) . Beijing( 北京) : Science Press( 科学出版社) ,1999. 345
- 20 Friberg SE. Bothered P ,Zana R *et al.* Microemulsions: Structure and Dynamics. Boca Raton: CRC Press , 1988. 153
- 21 DENG Bo( 邓勃) ,MIN Shun - geng( 闵顺耕) . Comparison on optimization properties of some simplexes( 几种单纯形优化方法优化性能的比较研究) . *Chin J Anal Chem*( 分析化学) ,1994 22( 3) : 272
- 22 SUN Yu - qing( 孙毓庆) ,WANG Yan - cong( 王延琮) . Modern chromatography and its application for pharmaceutical analysis( 现代色谱法及其在医药中的应用) . Beijing( 北京) : People's Medical Publishing House( 人民卫生出版社) 2000. 265
- 23 LIANG Yi - zeng( 梁逸曾) ,YU Ru - qin( 俞汝勤) . Stoichiometry ( 化学计量学) . Beijing( 北京) : Higher Education Press( 高等教育出版社) . 2003. 26
- 24 JIN Ying - hua( 靳颖华) ,BAN Yun - dong( 班允东) ,SUN Yu - qing( 孙毓庆) . Optimization of the solvent system in thin layer chromatography( 薄层色谱溶剂系统的优化设计) . *Chin J Chromatogr* ( 色谱) ,1997 15( 3) : 263

( 本文于 2011 年 3 月 30 日收到)

## 欢迎订阅 2012 年《药物分析杂志》

《药物分析杂志》是中国科学技术协会主管,中国药学会主办,中国食品药品检定研究院承办,药物分析杂志编辑委员会编辑出版,国内外公开发行的专业性学术期刊。本刊由始创于 1951 年的《药检工作通讯》发展而来,1981 年更名为《药物分析杂志》,2005 年由双月刊改为月刊,是中国自然科学核心期刊和中国中文核心期刊。主要栏目有论著、交流、综述、论坛、信息等。主要报道药物分析学科最新研究成果,探讨药物分析新理论,介绍药物分析新进展,传播药物分析新技术,推广药物分析新方法。发表文章涵盖药物分析学科涉及的所有范畴,包括药物研制、药品生产、临床研究、药物安全、质量评价、市场监督等所涉及的药物分析学科的研究论文、研究简报、学术动态与综述评述等。主要作者读者为从事科研和应用以及高等教育的药物分析学科专业技术人员。

本刊获 2006 年、2007 年、2008 年中国科协精品科技期刊工程项目 C 类项目资助,获 2009 年中国科协精品科技期刊示范项目证书,2010 年、2011 年再度获得中国科协精品科技期刊工程 C 类项目资助。为中国自然科学核心期刊、中国中文核心期刊、中国科学引文数据库来源期刊、全国统计源期刊,被国内外主要检索系统收录。

本刊为月刊,大 16 开本,国内外公开发行。每期定价 30 元,全年定价 360 元,国内邮发代号: 2 - 237。

本刊坚持质量第一、面向广大读者,以独特的深度与广度展示我国药物分析的现状与发展。欢迎广大读者到当地邮局订阅,欢迎有关专业人员集体订购,价格从优。并欢迎为本刊推荐发行者( 价格另议)。

国外读者请同中国国际图书贸易总公司(北京 399 信箱)联系。

本刊已将创刊以来的文章制成光盘,需要者请与本刊联系。

本刊联系方式:

地址:北京市东城区天坛西里 2 号中国食品药品检定研究院《药物分析杂志》编辑部(100050)

联系人:刘小帅

电话:(010) 67095772 (010) 67058427 - 8; 传真:(010) 67012819 - 4

网址: www. ywfxzz. cn 浏览网址: www. nifdc. org. cn

E - mail: ywfx@ nifdc. org. cn

《药物分析杂志》编辑部