

DOI:CNKI;11-3495/R. 20110221. 1131. 002

脂质体液膜萃取新技术分离中药水提液中 可被动吸收活性成分

刘陶世*, 狄留庆, 段金廛, 赵新慧, 蔡铝铝

(南京中医药大学药学院 江苏省方剂研究重点实验室, 南京 210029)

[摘要] **目的:**探讨脂质体液膜萃取新技术用于体外分离中药及其复方水提液中可被动吸收活性组分的可行性、有效性和普遍适用性。**方法:**制备普通脂质体、硫酸铵梯度脂质体、柠檬酸梯度脂质体和谷氨酸钠梯度脂质体,采用液膜萃取技术对麻黄、吴茱萸、金银花、栀子、淫羊藿、葛根、芍药甘草汤、金欣口服液和通脉胶囊的水提液进行萃取分离,采用 HPLC 测定脂质体萃取物中已知活性成分的含量。**结果:**口服容易被动吸收的大黄素、吴茱萸碱和麻黄碱等成分的脂质体液膜萃取率高,口服被动吸收能力较差的葛根素、淫羊藿苷、栀子苷、芍药苷、甘草苷、黄芩苷等的脂质体液膜萃取率较低,而口服难以吸收的绿原酸和甘草酸几乎不能被脂质体萃取。中药成分脂质体液膜萃取率与脂质体种类、水提液用量、萃取温度和萃取时间等因素密切相关。**结论:**脂质体液膜萃取用于体外分离中药及其复方水提液中可被动吸收活性组分的思路是科学可行的。

[关键词] 脂质体;液膜萃取

[中图分类号] R283.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2011)08-0018-06

Study on Separation of Passive Absorption Active Constituents of Aqueous Extract of Traditional Chinese Medicine by Liposome Liquid Membrane Extraction Technology

LIU Tao-shi*, DI Liu-qing, DUAN Jin-ao, ZHAO Xin-hui, CAI Lv-lv

(Jiangsu Key Laboratory for Research of Pharmacology of Traditional Chinese Medical Formula,
Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, Nanjing, 210029, China)

[Abstract] **Objective:** to study practicability on separating passive absorption active constituents of aqueous extract of traditional Chinese medicine (TCM) by liposome liquid membrane extraction technology. **Method:** The aqueous extract of TCM such as Fructus Evodiae and Herba Ephedrae were extracted by liposome prepared respectively by ammonium sulfate transmembrane gradients method, citric acid transmembrane gradients method and sodium glutamine transmembrane gradients method by liquid membrane extraction technology. The active constituents extracted by liposome were determined by RP-HPLC. **Result:** Active constituents such as ephedrine and evodiamine which were passively absorbed much could be extracted easily by liposome, and the extracted rates were all more than 50%. Active constituents such as glycyrrhizic acid, chlorogenic acid, puerarin and paeoniflorin which were passively absorbed little could be extracted hard by liposome, and the extracted rates were all no more than 10%. The extracted rates were affected by the factors such as varieties of liposome, ratio of liposome and aqueous extract of TCM, time of extracting and temperature of extracting. **Conclusion:** Separating active

[收稿日期] 20101206(011)

[基金项目] 江苏省教育厅自然科学基金(08KJD360003);江苏省中医药管理局基金(LB09010);南京中医药大学科技重点培育项目(09XPY04)

[通讯作者] *刘陶世,博士,副研究员,从事中药新剂型、新药和膜科学研究(膜分离和生物膜仿生), Tel: 025-86527649, E-mail: tsiur4111@sina.com

[网络出版时间] 2011-02-21 11:31

constituents of aqueous extract of TCM by liposome liquid membrane extraction technology is feasible.

[**Key words**] liposome; liquid membrane extraction

中药及其复方药效物质基础研究是中药现代化的重点和难点。采用成分分离分析结合药理模型筛选是当前研究中药药效物质基础的基本思路,选择合适的成分分离方法有利于降低研究成本,提高研究效率。中药多以汤剂形式口服用药,汤剂中含有成百上千种化学成分,但其实只有通过吸收过程进入体内的化学成分才可能是药效的真正来源。研究中药及其复方水提液可吸收组分和不吸收组分的体外分离方法,再从可吸收组分中筛选药效成分,是一种值得探索的崭新思路。

脂质体具有类似细胞膜的磷脂双分子层结构,对脂质体膜具有良好通透性的药物一般具有良好的被动扩散吸收能力。液膜萃取技术是以液膜为分离介质,以浓度差为推动力的膜分离操作。脂质体本身是一种液膜,可以做为液膜萃取的一种分离介质。根据液膜萃取技术的分离原理,作者提出如下设想:将包裹有特殊物质的脂质体与中药水提液混合后,实际上就是一种液膜萃取系统,其中脂质体膜(磷脂

双分子层)就是具有分离作用的液膜,脂质体外部的中药水提液为外相,脂质体所包裹的水溶液为内相(接受具有膜通透性的中药成分,内相中含有具有富集作用的特殊物质)。萃取时中药水提液中具有膜通透性的成分在浓度差的推动下透过脂质体膜进入内相,并在内相中特殊物质的作用下(离子化等),显著降低膜通透性,而在内相富集。通过葡聚糖凝胶柱色谱或透析等方法将脂质体与中药水提液分离,即得到中药水提液中具有脂质体通透性的成分。与中药水提液极其复杂的成分相比,脂质体液膜萃取的成分种类和数量相对简单,大大缩小了中药药效物质研究的目标成分范围。

本研究选择麻黄、吴茱萸、金银花、栀子、淫羊藿、葛根、芍药甘草汤、金欣口服液和通脉胶囊的水提液为研究对象,以已知活性成分麻黄碱、吴茱萸次碱和甘草酸等为指标,探讨脂质体液膜萃取技术分离中药水提液活性成分的有效性、可行性和普遍适用性。

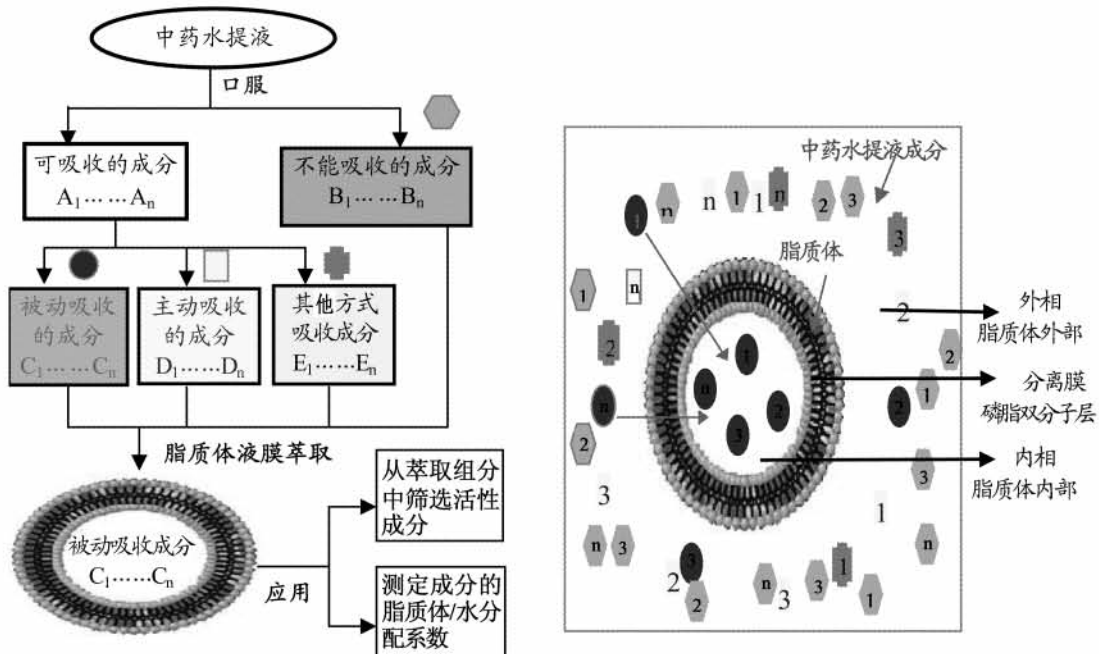


图1 采用脂质体液膜萃取技术分离中药水提液可被动吸收组分示意

1 材料

1.1 仪器 高效液相色谱仪(美国 Waters 公司), R-205 型旋转蒸发仪(瑞典 BUCHI 公司), AG-285 型电子天平(瑞典 METTLER 公司), H600-11 透射

电子显微镜(日本日立公司)。

1.2 药品与试剂 大豆卵磷脂(上海伯奥生物科技有限公司,进口分装),胆固醇(中国慧兴生化试剂有限公司),乙腈和甲醇均为高效液相色谱纯(美国

默克公司生产), Sephadex G-50 葡聚糖凝胶、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、柠檬酸、硫酸铵等均为分析纯。麻黄、吴茱萸、金银花、栀子、淫羊藿和葛根等药材购自南京市药材公司, 经南京中医药大学吴启南教授鉴定, 均为《中国药典》2010 年版正品。

2 方法

2.1 脂质体制备方法 ①普通脂质体的制备: 精密称取大豆卵磷脂 600 mg 和胆固醇 100 mg 溶解于 50 mL 三氯甲烷中, 置于 2 L 茄形瓶中, 于旋转蒸发器上蒸去三氯甲烷使类脂在茄形瓶内壁均匀成膜(水浴温度 30~40 °C, 真空度 40~80 kPa, 转速 90~150 r·min⁻¹); 再加入 PBS 缓冲液 50 mL, 于旋转蒸发器上旋转水化和洗脱类脂膜 1~2 h(水浴温度 50~60 °C, 真空度 40~60 kPa, 转速 100~180 r·min⁻¹); 取乳白色脂质体混悬液超声 10~20 min(功率 500 W, 超声频率 40 kHz), 用 0.45 μm 聚偏氟乙烯微孔滤膜挤出过滤, 即得普通脂质体混悬液。②硫酸铵梯度脂质体的制备: 精密称取大豆卵磷脂 600 mg 和胆固醇 100 mg 溶解于 50 mL 三氯甲烷中, 于旋转蒸发器上蒸去三氯甲烷使类脂在茄形瓶内壁均匀成膜; 再加入 0.15 mol·L⁻¹ 硫酸铵水溶液 50 mL, 于旋转蒸发器上旋转水化和洗脱类脂膜, 超声处理, 0.45 μm 微孔滤膜挤出过滤。滤液置葡聚糖凝胶 Sephadex G-50 柱上以 PBS 液洗脱(除去未包封的硫酸铵), 收集乳白色脂质体洗脱液约 50 mL, 即得硫酸铵梯度脂质体混悬液。③柠檬酸梯度脂质体: 膜材配料和操作同硫酸铵梯度脂质体, 水化溶液为 0.1 mol·L⁻¹ 柠檬酸水溶液 50 mL。④谷氨酸钠梯度脂质体: 水化溶液为 0.2 mol·L⁻¹ 谷氨酸钠水溶液 50 mL。

2.2 中药及其复方水提液制备方法 ①药材水提液: 分别称取麻黄、吴茱萸、栀子、葛根、金银花等药材各 100 g, 分别加水煎煮 2 次, 第 1 次 10 倍量水 1.5 h, 第 2 次 8 倍量水 1.0 h, 合并滤液, 减压浓缩, 制成含药物 0.5 g·mL⁻¹ 的中药提取液, 分别 3 000 r·min⁻¹ 离心 20 min, 取上清液备用。②芍药甘草汤水提液: 称取甘草 100 g、白芍 100 g, 加水煎煮 2 次, 减压浓缩, 制成 0.5 g·mL⁻¹ 的芍药甘草汤水提液。③通脉胶囊: 称取丹参 50 g、葛根 50 g、川芎 50 g, 加水煎煮 2 次, 减压浓缩, 制成 0.5 g·mL⁻¹ 的通脉胶囊水提液。④金欣口服液的制备方法: 称取麻黄、虎杖和黄芩等药材, 加水煎煮 2 次, 滤过, 减压浓缩, 醇沉, 静置, 滤过, 回收乙醇, 冷藏, 滤过, 滤液加入甜菊

糖等辅料, 加水至 1 000 mL, 冷藏, 滤过, 灌封(10 mL/支), 灭菌, 即得。

2.3 脂质体液膜萃取方法 精密量取脂质体 3~10 mL, 单味药材水提液 0.05~0.25 mL, 混合, 轻轻振摇, 至旋转蒸发器上萃取(水浴温度 37 °C, 真空度 70~80 kPa, 转速 30~60 r·min⁻¹) 30~60 min。将萃取混合液置葡聚糖凝胶 Sephadex G-50 柱上以 PBS 液洗脱(萃取混合液体积占凝胶体积的 20% 以下), 收集脂质体洗脱液(即中药水提液的脂质体萃取产物)。继续以 PBS 液洗脱以除去未进入脂质体内部的中药成分。

2.4 活性成分的含量测定方法 吴茱萸碱和吴茱萸次碱: ①色谱条件: Kromasil 反相 C₁₈ 色谱柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm), 柱温 30 °C, 检测器灵敏度 0.5 AUFS, 测定波长 225 nm, 流动相乙腈-水-磷酸(42:58:0.2), 流速 1.0 mL·min⁻¹, 进样 5 μL。②对照品溶液制备法: 称取吴茱萸碱 3.51 mg 和吴茱萸次碱 3.20 mg, 用甲醇定容至 10 mL, 摇匀, 即得。③吴茱萸水提液的供试液制备方法: 精密量取吴茱萸提取液 0.25 mL, 加 1.75 mL 甲醇, 混匀, 定容至 2 mL, 过 0.22 μm 有机微滤膜, 即得。④脂质体萃取液的供试液制备方法: 取上述过葡聚糖凝胶柱的吴茱萸脂质体洗脱液, 加 2 倍量无水乙醇, 破坏脂质体, 水浴蒸干, 用甲醇 2 mL 溶解, 定容至 2 mL, 混匀, 过 0.22 μm 有机微滤膜, 即得。

其他有效成分的测定方法基本同上: ①麻黄碱: 测定波长 207 nm, 流动相乙腈-0.1% 磷酸水溶液(13:87)。②甘草酸: 测定波长 250 nm, 流动相甲醇-0.2 mol·L⁻¹ 醋酸铵水溶液-冰乙酸(67:33:1)。③芍药苷: 测定波长 230 nm, 流动相乙腈-0.1% 磷酸水溶液(13:87)。④绿原酸: 测定波长 327 nm, 流动相乙腈-0.1% 磷酸水溶液(13:87)。⑤大黄素: 测定波长 254 nm, 流动相甲醇-0.1% 磷酸水溶液(85:15)。⑥黄芩苷: 测定波长 280 nm, 流动相为甲醇-水-磷酸(47:53:0.2)。⑦葛根素: 测定波长 250 nm, 流动相为甲醇-水(30:70)。⑧栀子苷: 测定波长 238 nm, 流动相为甲醇-水(30:70)。⑨淫羊藿苷: 测定波长 270 nm, 流动相乙腈-水(30:70)。

3 结果

3.1 脂质体种类和水提液用量对麻黄水溶液中麻黄碱的脂质体液膜萃取率的影响 现有研究表明麻黄碱属于被动吸收机制的药物, 口服后很快被消化

道吸收^[1]。由图2可以看出,麻黄水提液的脂质体萃取物与麻黄水提液相比,成分数目大大减少。表1的结果表明不同种类脂质体对麻黄水提液中麻黄碱的萃取率大小依次是:0.15 mol·L⁻¹硫酸铵梯度脂质体 > 0.10 mol·L⁻¹柠檬酸梯度脂质体 > 普通空白脂质体。麻黄碱膜通透性好,能自由进出脂质体,在脂质体内外达到平衡,因此普通脂质体的麻黄碱萃取率很低。柠檬酸梯度脂质体和硫酸铵梯度脂质体内部显酸性,进入脂质体内部的麻黄碱能与H⁺结合,膜通透性显著降低,因此上述2种脂质体的麻黄碱萃取率较高,对麻黄水提液中的麻黄碱具有明显的富集分离作用。此外脂质体对麻黄碱的萃取率与脂质体和麻黄水提液用量比值有关,脂质体用量越大,萃取率越高;麻黄水提液用量越大,萃取率越低。

脂质体液膜萃取率 =

$$\frac{\text{进入脂质体内部的麻黄碱量 (mg)}}{\text{加入的麻黄水提浓缩液中的麻黄碱总量 (mg)}} \times 100\%$$

3.2 萃取温度和萃取时间对麻黄水提液中麻黄碱的脂质体液膜萃取率的影响 由表2可以看出,萃取温度对麻黄碱萃取率的影响大于萃取时间。萃取温度较低时,脂质体膜磷脂双分子层流动性下降,麻黄碱膜通透性降低,但37,50℃的萃取率相差不大。萃取时间越长,麻黄碱萃取率越高,但30,60 min的萃取率接近。

表1 麻黄水提液的不同种类脂质体液膜萃取

脂质体	脂质体	麻黄水提	萃取率 /%
	加入量 /mL	浓缩液加入量 /mL	
普通空白	5	0.25	3.64
0.10 mol·L ⁻¹ 柠檬酸梯度	5	0.25	17.81
0.15 mol·L ⁻¹ 硫酸铵梯度	5	0.25	37.24
	5	0.05	87.37
	8	0.25	55.11

注:麻黄药材麻黄碱含量0.52%,麻黄水提浓缩液(0.5 g·mL⁻¹)的麻黄碱质量浓度1.789 g·L⁻¹。

表2 萃取温度和萃取时间对0.15 mol·L⁻¹硫酸铵梯度脂质体萃取麻黄水提液的影响

萃取温度 /℃	萃取时间 /min	萃取率 /%
20	10	41.87
50	10	59.03
37	10	57.26
37	20	64.91
37	30	67.38
37	60	69.14

注:脂质体量5 mL,麻黄水提浓缩液0.15 mL。

3.3 脂质体液膜萃取金欣口服液已知的活性成分(麻黄碱、大黄素和黄芩苷) 金欣口服液是治疗小儿肺炎的有效制剂,含有麻黄、虎杖和黄芩等药材。

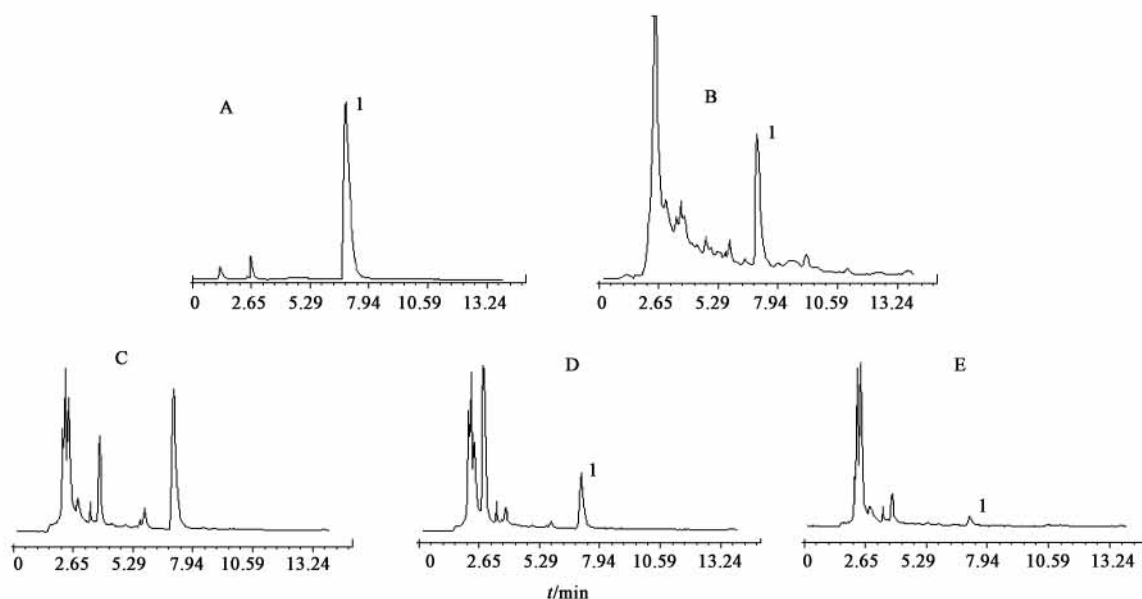


图2 麻黄水提液的不同种类脂质体液膜萃取物的HPLC

A. 对照品; B. 麻黄药材水提; C. 硫酸铵梯度脂质体; D. 柠檬酸梯度脂质体; E. 普通空白脂质体; 1. 麻黄碱

金欣口服液的麻黄碱质量浓度 $0.55 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 大黄素 $0.11 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 黄芩苷 $8.21 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。大鼠灌胃金欣口服液后血清均能检出上述成分, 其中麻黄碱以 1 h 的浓度最高, 而大黄素和黄芩苷分别以 0.5, 2.0 h 最高, 最高血药浓度分别为麻黄碱 $2.38 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 大黄素 $0.51 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 黄芩苷 $0.44 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 说明大黄素吸收最快, 麻黄碱次之, 而黄芩苷最慢; 此外金欣口服液中大黄素和麻黄碱的生物利用度大于 80%, 而黄芩苷的生物利用度小于 20% (结果另文发表)。表 3 的结果表明, 金欣口服液中麻黄碱和大黄素的脂质体膜萃取率较高, 说明二者膜通透性好; 而黄芩苷不论是普通脂质体还是混合的 pH 梯度脂质体, 萃取率都低于 10%, 说明黄芩苷的膜通透性较差, 与上述药动学研究结果一致。本结果说明口服被动吸收能力越强的药物, 脂质体液膜萃取率一般越大。

表 3 金欣口服液有效成分的脂质体液膜萃取率 %

脂质体	麻黄碱 萃取率	大黄素 萃取率	黄芩苷 萃取率
普通空白脂质体	14.76	77.42	7.43
混合脂质体(柠檬酸+ 谷氨酸钠梯度)	60.65	80.79	5.24

3.4 脂质体液膜萃取金银花水提液的绿原酸 现有文献报道表明^[2], 绿原酸口服吸收很差, 只有少部分在小肠以原型吸收, 大部分则进入结肠经微生物代谢为安息香酸、苯丙酸及肉桂酸等物质后被吸收。普通空白脂质体及 0.10, 0.15, 0.2 mol·L⁻¹ 柠檬酸梯度脂质体加入量各 5 mL, 分别加入金银花浓缩液 ($0.5 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$) 含绿原酸 $2.011 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) 0.25 mL, 结果, 3 种脂质体对金银花水提液中的绿原酸的萃取率均为 0, 说明绿原酸对脂质体膜的通透性极差。

3.5 普通脂质体萃取吴茱萸、栀子、芍药甘草汤等中药水提液的已知活性成分 表 4 的结果表明: 吴茱萸碱和吴茱萸次碱具有较高的普通脂质体萃取率, 淫羊藿苷、甘草苷、芍药苷、栀子苷和葛根素的普通脂质体萃取率较低, 而甘草酸的萃取率几乎为 0。文献报道表明, 吴茱萸碱和吴茱萸次碱口服易吸收^[3], 甘草酸口服很难吸收^[4], 淫羊藿苷和芍药苷等化合物的口服生物利用度也较低。这些结果表明, 中药成分的脂质体萃取率与口服吸收具有一定的相关性。

表 4 普通脂质体萃取葛根、芍药甘草汤、通脉胶囊和金欣口服液的已知活性成分

中药水 提液	指标成分	水提浓缩液	普通	水提液 /mL	萃取率 /%
		成分 /g·L ⁻¹	脂质体 /mL		
栀子	栀子苷	6.94	3	0.15	4.65
吴茱萸	吴茱萸碱	0.07		5	0.25
	吴茱萸次碱	0.13			38.75
淫羊藿	淫羊藿苷	0.35	3	0.15	12.68
葛根	葛根素	2.85	3	0.15	2.12
通脉胶囊	葛根素	0.40	3	0.15	3.09
芍药甘草汤	甘草酸	3.06	5	0.25	5.38
	甘草苷	1.99			5.38
	芍药苷	1.48			8.93

4 讨论

液膜萃取技术^[5]是由美国黎念之博士于 1968 年发明的新颖的膜分离方法。液膜萃取系统包括外相(含有被分离组分的料液, 即连续相)、液膜相和内相(接受被分离组分的液体)。液膜萃取技术已成功用于分离精制氨基酸^[6]、青霉素和中药生物碱等成分, 如莫凤奎等人^[7]以 Span-80 和煤油为液膜从北豆根中提取北豆根总碱, 萃取率达到 85%。脂质体是一种重要的药物载体, 也是一种常用的生物膜模型, 具有类似细胞膜和液膜的双重结构, 以脂质体做为液膜萃取分离介质具有理论基础和实际可行性。

本研究发现: ①属于被动吸收机制的水溶性较强的中药已知活性成分如栀子苷、葛根素、淫羊藿苷、黄芩苷、芍药苷、甘草苷等, 其生物膜通透性较低, 口服生物利用度一般也较低, 相应的脂质体液膜萃取率一般低于 10%。②属于被动吸收机制的脂溶性较强的成分如吴茱萸碱、吴茱萸次碱和大黄素等, 生物膜通透性较高, 口服生物利用度一般也较高(还需考虑体内药物排出泵如 P-gp 的影响), 相应的脂质体液膜萃取率一般大于 50%。③脂质体对中药水提液化学成分的萃取率受许多因素影响, 如成分化学结构、脂质体种类及其膜材料组成、脂质体浓度和用量, 水提液浓度和用量、萃取操作条件(萃取温度和萃取时间等)等。本研究表明脂质体液膜萃取新技术可用于从成分极其复杂的中药及其复方水提液中分离可被动吸收的活性成分, 但还需要做进一步的系统研究。

无患子皂苷的大孔吸附树脂分离纯化工艺

马育彪^{1,2}, 何宇新^{1*}, 彭镰心², 吴金伟¹, 米之金¹

(1. 西华大学生物工程学院, 成都 610039; 2. 成都大学, 成都 610106)

[摘要] 目的: 筛选适合分离纯化无患子总皂苷的大孔吸附树脂并确立纯化工艺参数。方法: 以大孔吸附树脂对常春藤皂苷元保留率为考察指标, 选用 4 种型号的大孔吸附树脂进行纯化。结果: 最佳条件是采用 D-101 型大孔吸附树脂, 洗脱乙醇体积分数为 50%, 乙醇用量为 5 BV。结论: D-101 树脂在所确定的工艺条件下, 可较好地分离纯化无患子皂苷。

[关键词] 无患子; 常春藤皂苷; 大孔树脂; 分离纯化; 高效液相色谱

[中图分类号] R283.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2011)08-0023-03

Study on Isolation and Purification of Saponin from Sapindaceae with Macroporous Resin

MA Yu-biao^{1,2}, HE Yu-xin^{1*}, PENG Lian-xin, WU Jin-wei¹, MI Zhi-jin¹

(1. Xihua University of Biological Engineering Department, Chengdu 610039, China;
2. Chengdu University, Chengdu Sichuan 610106, China)

[Abstract] **Objective:** To screen the suitable resin for purification of saponin from sapindaceae and to establish the optimum technological parameters of purification. **Method:** According to the retention rate of the hederagenin, four types of macroporous resin were used to purify the saponin from sapindaceae. **Result:** The best conditions was: D-101 of macroporous resin; the concentration of ethanol eluate was 50%; the usage of ethanol was 5 BV. **Conclusion:** D-101 of macroporous resin showed good capability of isolation and purification of saponin from sapindaceae.

[Key words] sapindaceae; hederagenin; macroporous resin; isolation and purification; HPLC

[收稿日期] 20101211(001)

[第一作者] 马育彪, 硕士研究生, 从事中药新制剂的研究, Tel: 028-84616653, E-mail: 369273877@qq.com

[通讯作者] * 何宇新, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 从事中药新制剂新剂型研究, Tel: 028-87725898, E-mail: heyuxin66@126.com

[参考文献]

- [1] 陈亚平, 王柏. 盐酸麻黄碱的大鼠肠吸收研究[J]. 药学进展, 2010, 34(7): 319.
- [2] 高荣, 龚涛, 符垚, 等. 银黄注射液及口服液中绿原酸和黄芩苷在大鼠体内的药动学比较[J]. 华西药理学杂志, 2007, 22(3): 283.
- [3] 栾连军, 裘国丽, 程翼宇. 吴茱萸碱和吴茱萸次碱在家兔体内的药动学研究[J]. 中国药理学杂志, 2006, 41(1): 48.
- [4] 张明发, 张军. 甘草酸药动学研究进展[J]. 临床药物治疗杂志, 2009, 7(2): 44.
- [5] 聂菲, 李宗孝. 液膜技术在医药化工中的应用[J]. 精细化工中间体, 2004, 34(1): 6.
- [6] P Wiczorek J Jsson, L Mathiasson Extraction of dansylated amino acids using the supported liquid membrane technique[J]. Analytica Chimica Acta, 1997, 337(2): 183.
- [7] 莫凤奎, 王晶, 王焕青, 等. 乳状液膜法提取北豆根总碱[J]. 沈阳药科大学学报, 1996, 13(4): 278.

[责任编辑 全燕]

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20110221.1128.000.html>