表 4 预测值与实测值的比较

Table 4 Comparison between forecasted and true values

批次	实测值			预测值			偏差/%		
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_1	Y_2	Y_3
1	51.24	5.34	0.80						
2	53.80	5.59	0.84	50.09	5.23	0.79	-3.43	-3.12	-2.53
3	50.39	5.25	0.79						

3 讨论

近年来, 随着生物技术的不断发展和制备工艺逐步完善, 脂质体优良的生物相容性和靶向性, 同时能提高药物的稳定性和治疗指数以及降低药物毒性等优点逐渐被人们发现。因此, 脂质体作为药物载体的研究愈来愈受到重视。对于极性药物, 其在水中溶解度越大, 则在脂质体内水相中浓度越高, 同时包封容积越大, 包封的极性药物越多。对于非极性药物, 其脂溶性越大, 脂质体双分子层中包封的量就越多。油水分配系数($\lg P$)小于-0.3 的水溶性药物为第一类, $\lg P$ 在-0.3~4.5 的为第二类, $\lg P$ 大于 4.5 的脂溶性药物为第三类。只有第一类和第三类药物才能包封成具有较高包封率、稳定的脂质体。对于第二类药物, 若不进行适当地修饰, 就不易被包封, 即使包封后也易迅速渗漏[13]。本研究测得槐定碱的 $\lg P$ 为 0.2, 属于第二类药物, 因此采用硫酸铵法制备槐定碱脂质体包封率也不高。本研究考虑今后通过对槐定碱进行适当的修饰使之成为第一类或第三类药物, 以期得到较高的包封率。

本课题组对中药复方缓控释制剂的评价模式进行了探索[14]。本研究采用星点设计-效应面法优化槐定碱脂质体的制备处方, 评价结果的依据为脂质体的包封率和载药量, 但存在不足, 因为得到的结果是包封率随着卵磷脂浓度的增加呈线性增加, 而载药量却在下降, 即使包封率再高也没有实际应用价值。本研究采用了 1∶1 平均二者权重的方法, 突出了脂质体药物的载药量这个指标的重要性, 在保证包封率的同时兼顾载药量, 由此得到的最佳制备配方为: 药物质量浓度为 1.1 mg/mL, 硫酸铵浓度 0.4 mol/L。本研究在该条件下可得到 51.81% 的包封率和 5.39% 的载药量, 虽然包封率不是最高, 但载药量得到了充分重视, 达到包封率和载药量的最优组合。有关该脂质体的稳定性、体内血药浓度、肿瘤组织的药物浓度和临床疗效等将做进一步研究。

参考文献:

[1] 姚婉霞, 周俊俊, 闫 琳, 等. 氧化槐定碱镇痛作用及其机制研究[J]. 中草药, 2008, 39(4): 569-571.

[2] 余建强, 蒋袁絮. 槐定碱对小鼠中枢神经系统的影响[J]. 中草药, 2006, 37(11): 1688-1691.

[3] 夏玉叶, 王大元. 槐定碱的药理作用研究进展[J]. 中国药学杂志, 1997, 32(7): 391-393.

[4] 郭波红, 程 怡, 林绿萍. 甘草次酸脂质体的制备及其药剂学性质的研究[J]. 中草药, 2010, 41(3): 380-384.

[5] 潘 峰, 胡春梅, 潘黎军, 等. 粉防己碱阿霉素脂质体的制备与体外释放度的研究[J]. 中草药, 2009, 40(2): 215-220.

[6] 彭海龙, 雷志强, 刘燕燕, 等. 槐定碱脂质体的制备及理化性质研究[J]. 中国医院药学杂志, 2009, 29(1): 32-36.

[7] 苗彩云, 邓树海, 李艳辉. 主动载药法制备两亲性药物脂质体的研究进展[J]. 中国医药工业杂志, 2005, 36(7): 433-437.

[8] 邓意辉, 王绍宁, 吴 琼, 等. 主动载药法制备盐酸小檗碱脂质体[J]. 中国药学杂志, 2004, 39(1): 40-42.

[9] 刘文雅, 刘汉清. 主动载药法制备苦参碱脂质体的研究[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(4): 908-909.

[10] 甘良春, 侯世祥, 毕岳琦, 等. 星点设计-效应面法优化丹参酮 $\mathrm{II_A}$ 纳米粒的制备工艺[J]. 中国药学杂志, 2007, 42(10): 758-761.

[11] 王新春, 侯世祥, 李 文, 等. 均匀设计联用星点设计优化白藜芦醇固体脂质纳米粒制备处方[J]. 中成药, 2007, 29(8): 1139-1142.

[12] 谭丽蓉, 李国强, 陈俊威, 等. 均匀设计法优选盐酸小檗碱脂质体的处方[J]. 实用医技杂志, 2007, 14(11): 1385-1386.

[13] 于波涛, 张志荣, 刘文胜. 提高脂质体包封率的方法及其研究进展[J]. 中国医药工业杂志, 2002, 33(11): 564-568.

[14] 岳鹏飞, 关 彬, 郑 琴, 等. 论中药复方缓控释制剂随方同步/异步释放行为评价模式的创新与商建[J]. 中草药, 2010, 41(9): 1413-1417.

均匀试验设计优化聚β-环糊精包合丁香油的研究

陈玉苗, 陈均志*, 段冬海, 韩春鹏

(陕西科技大学 教育部轻化工助剂化学与技术重点实验室, 陕西 西安 710021)

摘 要: 目的 研究聚β-环糊精(β-CDP)微球包合丁香油的最佳工艺。方法 采用饱和水溶液法制备丁香油β-CDP 微球包合物, 通过均匀试验设计对制备工艺进行了优化, 并对包合物进行表征。结果 最佳包合工艺条件是丁香油(mL)∶β-CDP 微球(g)为 1∶1, 包合温度为 35 ℃, 包合时间为 1 h, 乙醇可忽略。结果显示丁香油能成功地被β-CDP 微球包合。结论 丁香油聚β-环糊精包合物包合得率更高, 包合方法可行。

收稿日期: 2010-04-19

作者简介: 陈玉苗(1980—), 男, 硕士生, 2008 年毕业于四川理工学院, 主要从事精细化工及环境化学方面的研究。E-mail: chenyumiao135@163.com

* 通讯作者 陈均志 Tel: (0577) 88327698 E-mail: chenjzh@163.com

关键词: 丁香油; 聚β-环糊精微球; 包合物; 均匀设计
中图分类号: R284.2 文献标识码: A 文章编号: 0253-2670(2010)12-1973-05

Optimization of inclusion technology for clove oil with β-cyclodextrin polymer microsphere by uniform design

CHEN Yu-miao, CHEN Jun-zhi, DUAN Dong-hai, HAN Chun-peng
(Key Laboratory of Auxiliary Chemistry & Technology for Chemical Industry, Ministry of Education, Institute of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: Objective To study the optimized technology of inclusion for the volatile oil of *Caryophylli Flos* with β-cyclodextrin polymer (β-CDP) microsphere. **Methods** β-CDP Microsphere was prepared by saturated peroxide solution. The study was carried out with uniform design to optimize the best inclusion processing conditions and inclusion compound was to characterize its structure. **Results** The best condition of the optimized technology of inclusion for the volatile oil of *Caryophylli Flos* with β-CDP microsphene was as follow: the volatile oil of *Caryophylli Flos* (mL)-β-CDP microsphere (g) was 1∶1; inclusion temperature was 35 ℃; clathration time was 1 h; ethyl alcohol could be ignored. The package method is successful by characterizing structure. **Conclusion** The inclusion compound of β-CDP has high rate and the inclusion process is reasonable and feasible.

Key words: clove oil; β-cyclodextrin polymer (β-CDP) microsphere; inclusion compound; uniform design

丁香为一种名贵中药, 具有暖胃、温肾之功效, 治胃寒痛胀、呃逆、吐泻、痹痛、疝痛、牙痛、口臭等[1]。其挥发油具有较强的药理活性, 是主要的有效成分[2]。但挥发油的稳定性较差, 在中药制剂的生产和贮藏过程中易损, 影响药效。为提高其稳定性, 减少散失, 近年来将其制成β-环糊精包合物多有报道[3-7], 但β-环糊精包合物的包封率及收得率还是不高, 包合过程中丁香油有明显的损失。因此, 探索具有高产高效的包合方法具有重要意义。聚β-环糊精(β-CDP)微球是基于环糊精的聚合物, 该聚合物既保持了环糊精包结、缓释、催化和识别的能力, 又兼具高聚物的特性, 如良好的机械强度、较好的稳定性、环境敏感性、渗透扩散性和化学可调性等[7]。环糊精聚合物可以实现药物的缓控释, 且其增加水难溶性药物的溶解度、溶解速率和提高药物生物利用度的效果比环糊精单体要有效得多[8-10]。本研究利用β-CDP 微球对丁香油进行包合, 并找到最佳包合工艺条件, 同时对产物进行了表征, 以考察和证实该包合物。

1 材料和仪器

丁香油(淡黄色的油状液, 并有特殊芳香味, 含丁香酚的质量浓度为 0.813 8 g/mL, 相对密度为 1.08)由江西省吉安市振兴香料油提炼厂提供(批号 20071030); β-环糊精(β-CD, 陕西礼泉化工有限实业公司, 质量分数 99%); 乙醇(分析纯, 天津市富宇精细化工有限公司); 氢氧化钠(分析纯, 天津市科密欧化学试剂有限公司); 环氧氯丙烷(EPI, 天津福晨化学试剂厂, 批号 20050907); 煤油(市售, 经处理后使用); Span80(天津市大茂化学试剂厂, 批号 20051202); Tween20(广州化学试剂厂, 批号 20051101-1); 实验用水为蒸馏水。

BM—XP—59 偏光显微镜(北京伯乐仪器有限公司); UV—265FW 傅立叶红外光谱仪(日本岛津公司); TGA Q500 热重分析仪(美国 TA 公司); 挥发油测定器(津南玻璃仪器仪表厂, 规格 91678500); 85—2 磁力加热搅拌器(上海浦东物理光学仪器厂); TDL—40B 离心机(上海安亭科学仪器厂)。

2 方法和结果

2.1 β-CDP 微球的制备[10-12]: 称取 β-CD 6 g 置带有机械搅拌的三口烧瓶中, 加入一定浓度的 NaOH 溶液, 再加入 7.34 g 环氧氯丙烷交联 1.5 h, 在高速搅拌下, 加入一定量含有乳化剂 Span80-Tween20 (3∶1) 的煤油, 反应 6 h, 离心, 洗涤, 干燥, 即得 β-CDP 微球。制备所得 β-CDP 微球的平均得率约为 60%(产率= β-CDP 微球质量/(β-CD 的质量+ 环氧氯丙烷的质量) × 100%), 产品呈纯白色, 中位径(D_{50})为 148.26 μm, 难溶于水, 平均溶胀率(SR)为

(262.2±3.5)%，并且热稳定性好。

2.2 β-CDP 微球包合丁香油：采用饱和水溶液法[13]。称取一定量β-CDP 微球加入水中，制成饱和溶液，保持一定温度，磁力搅拌（固定转速）加入 1 mL 丁香油和一定量的乙醇，包合适当时间，冰箱放置 24 h（5 ℃）滤过，40 ℃真空干燥，得白色粉末状的包合物，计算得率[得率= 包合物量/（环糊精投入量+ 挥发油投入量）×100%]。

包合物中挥发油的测定：将制得的包合物置 500 mL 烧瓶中，加入蒸馏水 200 mL，连接挥发油提取器，加液体石蜡 1 mL 到接受器中，按《中国药典》2010 年版附录操作[14]，读取挥发油量，减去液体石蜡 1 mL，即得包合物实际含油量，计算包封率（包封率= 包合物中所含挥发油量/挥发油投入量×100%）。

2.3 包合挥发油工艺条件选择：采用均匀设计试验[15]，探讨包合丁香油的最佳工艺条件，确定影响包合的主要因素有 4 个，每个因素有 10 个水平。实验结果以包封率为衡量包合效果的重要指标，包封率越高，包合效果越好，可作为包合工艺筛选的主要指标，权重系数定为 0.7；但得率在生产中也很有意义，在加水量一定的条件下，得率越高，包合效果越好，因此，得率可以作为次要筛选指标，权重系数定为 0.3。按照综合评分= 0.7×包封率+ 0.3×得率计算[16]。以综合评分作为筛选指标[17]，运用 $U_{10}(10^4)$ 表，对以上 4 个因素进行考察，见表 1、2。每次实验所用丁香油均为 1.0 mL。

表 1 因素水平

Table 1 Factors and levels

水平	因素			
	X_1（β-CDP 微球用量）/g	X_2（乙醇用量）/mL	X_3（包合温度）/℃	X_4（包合时间）/h
1	1	0.0	40	1
2	2	1.5	45	2
3	3	3.0	50	3
4	4	4.5	55	4
5	5	6.0	60	5
6	6	7.5	65	6
7	7	9.0	70	7
8	8	10.5	75	8
9	9	12.0	80	9
10	10	13.5	85	10

2.4 均匀设计结果：回归分析采用全回归法，显著性水平 α= 0.20，拟建立回归方程 $Y= 112.5-1.304X_1-0.250\,6X_2-0.494\,4X_3-0.538\,2X_4$。均匀设计方差分析表见表 3。可知在 α= 0.20 时，检验值 F_t= 6.119，临界值 $F(0.20,4,5)$= 2.240，

表 2 $U_{10}(10^4)$ 均匀设计试验方案及结果

Table 2 $U_{10}(10^4)$ Schemes and results

试验号	X_1	X_2	X_3	X_4	结果		
					得率/%	包封率/%	综合评分
1	1(1)	3(3.0)	4(55)	5(5)	82.00	82.00	82.00
2	2(2)	6(7.5)	8(75)	10(10)	81.67	50.00	59.50
3	3(3)	9(12.0)	1(40)	4(4)	87.75	90.00	89.00
4	4(4)	1(0.0)	5(60)	9(9)	85.00	70.00	74.50
5	5(5)	4(4.5)	9(80)	3(3)	89.00	55.00	65.20
6	6(6)	7(9.0)	2(45)	8(8)	92.86	65.00	73.36
7	7(7)	10(13.5)	6(65)	2(2)	98.25	50.00	64.48
8	8(8)	2(1.5)	10(85)	7(7)	97.44	40.00	57.23
9	9(9)	5(6.0)	3(50)	1(1)	86.50	60.00	67.95
10	10(10)	8(10.5)	7(70)	6(6)	96.45	50.74	74.44

表 3 方差分析

Table 3 Analysis of variance

方差来源	平方和	自由度	均方	均方比
回归	745.5	4	186.40	6.119
剩余	152.3	5	30.46	—
总计	897.8	9	—	—

$F_t > F(0.20,4,5)$，回归方程显著。故认为该回归方程在 α= 0.20 水平上是可信的，其结果有意义。标准回归系数：B(1)= −0.395 3，B(2)= −0.113 9，B(3)= −0.749 3，B(4)= −0.163 1，可见因素主次顺序为 $X_3 > X_1 > X_4 > X_2$，即包合温度> β-CDP 微球用量> 包合时间> 乙醇用量。

2.5 条件优化：采用网格尝试法。优化的实验条件为β-CDP 微球用量 1 g，乙醇用量 0 mL，包合温度 40 ℃，包合时间 1 h。预期指标最大值为（90.87±8.145）%。由于在优化条件中各因素的取值在试验范围的边界，为了得到更好的结果，可以对上述工艺条件作进一步考察。由于试验指标随因素 X_1、X_2、X_3、X_4 的减少而增加，所以可将取值再减少一些。于是对反应条件进行单因素实验分析（因 X_2 的系数较小，可知乙醇影响甚微可忽略），结果见图 1。得到进一步优化的实验条件为：β-CDP 微球用量 1 g，乙醇用量 0 mL，包合温度 35 ℃，包合时间 1 h。

2.6 验证试验：取丁香油按以上最佳工艺制备 3 批包合物，丁香油平均包封率为 93.98%，包合物平均得率为 94.88%，综合评分为 94.25%，接近预期指标，表明最佳包合条件可行。

2.7 包合物性质考察

2.7.1 偏光显微镜分析：β-CDP 微球和包合物的偏光显微镜照片见图 2。分析表明，β-CDP 微球表面比较圆整光滑，成较好的圆球形；包合物表面上附着少量的油滴，说明还有少量的丁香油未被包合进去而吸附在表面。

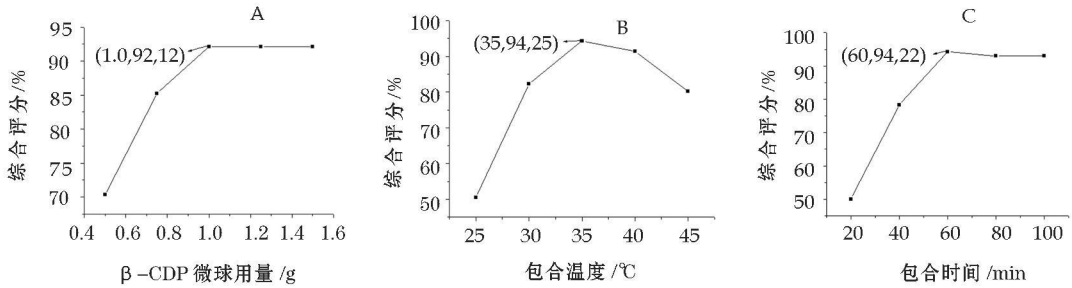


图 1 β-CDP 微球用量(A)、包合温度(B)和包合时间(C)对综合评分的影响

Fig 1 Effect of β-CDP microspheres dosage (A), inclusion temperature (B), and inclusion time (C) on comprehensive score

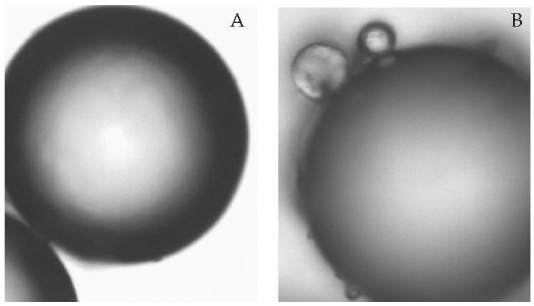
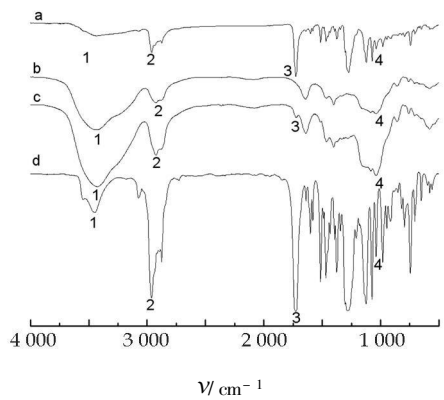


图 2 β-CDP 微球(A)和包合物(B)的偏光显微镜图

Fig 2 Polarizing microscope diagram of β-CDP microspheres (A) and inclusion compound (B)



a-物理混合物 b-β-CDP 微球 c-包合物 d-丁香油

a-physic mixture b-β-CDP microspheres c-inclusion compound d-clove oil

图 3 红外分析图谱

Fig 3 Infrared spectras

2.7.2 红外光谱分析: 由图 3 可见, b、d 图在 3 430 cm^{-1}(1 号峰)附近有一宽峰, 这是-OH 伸缩振动吸收峰, c 图在 3 420 cm^{-1}处也有-OH 的伸缩振动吸收峰, 但较之 b 和 d 的羟基峰, 此峰明显较强, 这是由于β-环糊精微球和丁香油的羟基峰相互加合的结果, 而 a 图则不明显。在 1 038 cm^{-1}(4 号峰)处 C-O-C的伸缩振动吸收峰明显变强, 这也是β-环糊精微球和丁香油中的 C-O 加合的结果。在2 930 cm^{-1}(2 号峰)处都有-CH_2 的伸缩振动峰, 但包合物的峰强介于β-环糊精微球和丁香油之间。另外包合物在 1 722 cm^{-1}(3 号峰)处有 1 个新的-C-H 键吸收峰出现, 而β-环糊精微球本身没有, 这是由于丁香油被微球包合的结果, 而物理混合物中此时是丁香油的吸收峰。物理混合物在波数 500~ 1 725 cm^{-1}兼有β-环糊精微球和丁香油的吸收, 所以其峰形既不同于 b, 也不同于 d。b、c 峰的位置都大致相当, 也没有峰增加或减少, 只是包合前的峰较尖较弱, 包合后的峰较宽较强。因此由红外光谱分析主要官能团的吸收峰变化, 表明包合物形成。

2.7.3 热重分析: 在 N_2 气中(N_2 气流速为 20 mL/ min)进行, 升温范围 20~ 600 ℃, 控制升温速率为 5 ℃/ min。分别测定β-CDP 微球和包合物的 TGA-DTG 曲线, 结果见图 4。可知β-CDP 微球失重区域约为 270~

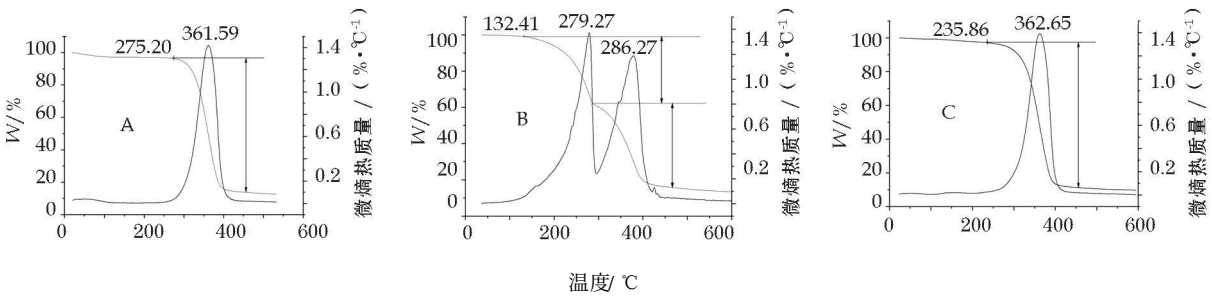


图 4 β-CDP 微球(A)、物理混合物(B)和包合物(C)的 TGA 和 DTG

Fig 4 TGA and DTG of β-CDP microspheres (A), physic mixture (B), and inclusion compound (C)

460 ℃, 对应的质变峰为 361.59 ℃, 其开始分解的温度约为 275.20 ℃, 当温度高于 455.92 ℃后, 失重率为 82.68%, 之后基本不再随温度的升高而变化; 而物理混合物谱图中有两个明显的失重区, 在温度为 132.4 ℃时丁香油先开始分解, 到 275.20 ℃同时伴随有 β-CDP 微球的分解, 此时质变率最大。但是到了 286.27 ℃时, 丁香油已基本分解完, 由于只剩下 β-CDP 微球在分解, 此时的质变率明显下降, 所以在谱图中呈现出一个拐点。继续升温到 286.27 ℃时质变率达到了最大, 到了 466.25 ℃时分解基本完成, 可见物理混合物基本是按两个阶段进行分解, 两种不同物质的分解温度进行的。而包合物的热分析图谱表明, 包合物开始分解的温度为 235.86 ℃, 当温度高于 456.30 ℃后, 失重率为 86.21%, 之后基本不再随温度的升高而变化, 图中没有明显的熔融峰, 也没有拐点, 说明这已形成一种新的物相。但其失重速率最快时所对应的温度为 362.65 ℃, 这与微球基本一致。β-CDP 微球包合丁香油后, 热稳定性略微下降, 这可能与丁香油的挥发性有关。

3 讨论

本研究确定最佳工艺为丁香油(mL)-β-CDP 微球(g)为 1∶1, 包合温度为 35 ℃, 包合时间为 1 h, 乙醇可忽略。此时收得率为 94.88%, 包封率为 93.98%, 比文献报道的 80.69%、83.78% 高[18]。丁香油采用 β-CDP 微球包合进一步提高包合物收得率、包封率, 减少原辅料消耗、降低生产成本, 它在提高中药产品的质量和临床方面有重要意义。同时 β-CDP 微球包合丁香油为部分中药制剂的研究开发提供了一个新的方向。

参考文献:

[1] 江苏新医学院. 中药大辞典[M]. 上册. 上海: 上海人民出版社, 1977.

[2] 彭宅彪, 张琼光, 代虹健, 等. 丁香酚的药理学研究进展[J]. 时珍国医国药, 2006, 17(10): 2079.

[3] 彭晓霞, 李 仲, 谈春霞, 等. 丁香挥发油 β-环糊精包合物的制备研究[J]. 甘肃中医学院学报, 2001, 18(3): 10-13.

[4] 韩 光, 李景华, 郭国超, 等. 14-去氧穿心莲内酯-β-环糊精包合机制的研究[J]. 中草药, 2010, 41(2): 212-214.

[5] Baille W E, Huang W Q, Nichifor M, *et al*. Functionalized β-cyclodextrin polymers for the sorption of bile salts [J]. *J Macromol Sci-Pure Appl Chem A*, 2000, 37(7): 677-690.

[6] 夏春秀, 李 宗. 丁香油 β-环糊精包合工艺的影响因素研究[J]. 海峡药学, 2006, 18(2): 21-23.

[7] 任晓文, 王 博, 李洪起, 等. β-环糊精包合阿德福韦的理论研究[J]. 现代药物与临床, 2009, 24(3): 173-176.

[7] Szejtli J, Sebestyen G. Introduction and general overview of cyclodextrin chemistry [J]. *Chem Rev*, 1998, 98(5): 1743-1754.

[8] Szente L, Szejtli J. Highly soluble cyclodextrin derivatives: chemistry, properties, and trends in development [J]. *Adv Drug Deliv Rev*, 1999, 36: 17-28.

[9] Duchene D. *Cyclodextrins and their Industrial Uses* [M]. Paris: Editions de Santé, 1987: 448.

[10] 许海光, 张铁军, 赵 平, 等. 中药缓控释制剂的研究现状及研发思路[J]. 药物评价研究, 2010, 33(1): 30-35.

[10] 胡 晖, 刘郁杨, 范晓东, 等. 温度及 pH 敏感的 β2 环糊精聚合物微球的合成及药物控制释放研究[J]. 高分子学报, 2005(3): 357-358.

[11] 杜定淮, 汪月生, 徐文英. ^{1}HNMR 研究 β-环糊精与环氧氯丙烷共聚物的反应机理和分子链结构[J]. 波谱学杂质, 1992, 9(2): 121-129.

[12] 王晓明. 聚 β-环糊精缓释微球的制备、结构表征及其释药性能的研究[D]. 广州: 广东药学院, 2007.

[13] 伍永富, 吴品江, 魏 萍, 等. Box-Behnken 设计-效应面法优化木犀草素-β-环糊精包合物的制备工艺研究[J]. 中草药, 2010, 41(7): 1094-1099.

[14] 中国药典[S]. 一部. 2010.

[15] 方开泰. 均匀设计——数论方法在实验设计的应用[J]. 应用数学学报, 1980, 3(4): 363.

[16] 徐天生, 刘 莉, 梁 燕, 等. β-环糊精包合丁香油的工艺研究[J]. 辽宁中医药大学学报, 2009, 11(9): 162-164.

[17] 赵 阳, 张 纯, 郭 澄, 等. 丁香油-β-环糊精制备工艺的研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2000, 7(3): 19-21.

[18] 任淑娟, 陈世虎. 丁香挥发油-β-环糊精包合物制备工艺研究[J]. 制剂技术, 2009, 18(17): 27-28.

茯苓全粉羧甲基化改性工艺研究

胡玉涛[1,2], 梅光明[1,4], 刘 莹[1], 边银丙[3], 黄 文[1*]

(1. 华中农业大学食品科学技术学院, 河北 武汉 430070; 2. 江苏联合职业技术学院 连云港中医药分院, 江苏 连云港 222006; 3. 华中农业大学应用真菌研究所, 湖北 武汉 430070; 4. 浙江海洋水产研究所, 浙江 舟山 316100)

摘 要: 目的 确定羧甲基化改性茯苓粉的工艺参数, 提高茯苓粉的水溶性和在中药生产中的应用范围。方法 以茯苓全粉为原料, 通过单因素试验研究羧甲基化改性获得最大产物取代度的条件, 并对改性产物的水溶性进行评价。结果 当反应介质为 85% 乙醇溶液, 反应温度 50 ℃, 先碱化反应 2 h 后醚化反应 6 h, 碱酸用量摩尔比控制在 2.5∶1~3∶1 时, 反应产物达到最大取代度, 且改性粉水溶性有很大提高。结论 利用乙醇反应介质、两次加

收稿日期: 2010-03-30

基金项目: 湖北省科技攻关计划项目(2005AA401C50)

作者简介: 胡玉涛(1976—), 男(满族), 辽宁凤城人, 讲师, 长期从事药用植物的教学、科研工作。

Tel: (0518)85854706 E-mail: tomhu915@sohu.com

* 通讯作者 黄 文