

# 辅料和粒径对黄芪浸膏吸湿性影响的研究

杨晶, 汤成成, 王雅洁, 贾艾玲, 董金香, 邱智东<sup>\*</sup>(长春中医药大学药学院, 长春 130117)

**摘要:** 目的 研究辅料和黄芪浸膏粒径大小等因素对其吸湿性的影响。方法 制备粒径为 50~65 目, 65~80 目, 80~100 目, 100~120 目, 120~150 目之间的黄芪浸膏, 进行吸湿动力学测试和临界相对湿度测定; 向黄芪浸膏中添加不同辅料, 并研究辅料种类及用量对浸膏吸湿性的影响。结果 浸膏粒径和辅料种类对黄芪浸膏吸湿性有明显的影响。结论 粒径较大的黄芪浸膏临界相对湿度较大, 吸湿性较差; 黄芪浸膏与 16 种辅料混合, 最佳防潮辅料为乳糖, 且乳糖的添加量对浸膏吸湿性有明显的影响。

**关键词:** 黄芪浸膏; 辅料; 粒径; 吸湿性; 临界相对湿度

中图分类号: R283.2 文献标志码: B 文章编号: 1007-7693(2017)02-0235-07

DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2017.02.018

## Study on Effect of Excipient and Particle Size on Hygroscopicity of Astragali Radix Extract

YANG Jing, TANG Chengcheng, WANG Yajie, JIA Ailing, DONG Jinxiang, QIU Zhidong<sup>\*</sup>(School of Pharmaceutical Sciences, Changchun University of Chinese Medicine, Changchun 130117, China)

**ABSTRACT: OBJECTIVE** To investigate the effect of excipient and particle size on hygroscopicity of Astragali Radix extract. **METHODS** Astragali Radix extracts were prepared into size of 50–65 mesh, 65–80 mesh, 80–100 mesh, 100–120 mesh, 120–150 mesh; moisture adsorption kinetics and critical relative humidity were constructed for the above extracts. The effect of the kind and amount of the excipient on hygroscopicity of extract was studied. **RESULTS** The particle size of the extract and the kind of the excipient had an obvious effect on hygroscopicity. **CONCLUSION** The bigger the particle size is, then the larger the critical relative humidity is, the worse the hygroscopicity is. Astragali Radix extract is mixed with 16 excipients and lactose is of the best moistureproof effect.

**KEY WORDS:** Astragali Radix extract; excipient; particle size; hygroscopicity; critical relative humidity

黄芪[Astragalus membranaceus (Fish.) Bge.]系豆科黄芪属植物, 为中医传统的重要益气药, 具有补气固表, 利尿托毒, 排脓, 敛疮生肌的功效<sup>[1-3]</sup>, 其常用的形式是经过提取、浓缩、干燥而制成的中药浸膏<sup>[4]</sup>, 这些中药浸膏因黄芪中总黄酮、总皂苷和总多糖<sup>[5]</sup>包含的极性基团而具有较强的吸湿性<sup>[6]</sup>, 吸湿后会出现变软、结块、发生霉变等现象<sup>[7]</sup>, 严重的会影响药理活性甚至引起一些不良反应<sup>[8]</sup>。本实验研究添加辅料前后黄芪浸膏本身的粒径, 盛装浸膏的称量瓶底面积、浸膏高度等因素对浸膏吸湿的影响。

### 1 仪器与试剂

DZF-6090 真空干燥箱(上海新苗医疗器械制造有限公司); WPG-220 喷雾干燥仪(济南奥诺能源科技有限公司); DHG-9240A 电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司); EL204 电子天平(梅特勒-托利多仪器有限公司); HSP-100B 恒温恒湿培养箱(金坛市天竟实验仪器厂); 黄芪药材(吉

林省长春市宏检大药房), 经长春中医药大学药学院姜大成教授鉴定为黄芪 Astragalus membranaceus (Fish.) Bge. 的干燥根, 符合中国药典 2015 年版一部黄芪项下有关规定; 溴化钠、氯化钾、硝酸钾、硫酸、氯化钠、乳糖、糊精(北京化工厂), 甘露醇、环糊精(中国惠世生化试剂有限公司); 聚丙烯酸树脂(安徽山河药用辅料股份有限公司); 淀粉、糖粉、硬脂酸镁、羧甲基淀粉钠、微晶纤维素、甲基纤维素、高岭土、可溶性淀粉、硬脂酸、磷酸氢钙、硫酸钙(天津市光复精细化工研究所)。

### 2 方法与结果

#### 2.1 浸膏的制备

取黄芪饮片 1 200 g, 间隙煎煮 3 次, 每次煎煮持续时间均为 1 h, 每次添加黄芪饮片 8 倍的水量, 过滤, 合并滤液, 将滤液浓缩<sup>[9]</sup>, 一部分冷冻干燥后粉碎过筛, 分别取粒径为 50~65 目, 65~80 目, 80~100 目, 100~120 目, 120~150 目之间的浸膏备用。另一部分喷雾干燥, 其中进风温度为

基金项目: 吉林省科技厅项目(20140309002yy)

作者简介: 杨晶, 博士, 讲师 Tel: 13500813952 E-mail: 764130589@qq.com \*通信作者: 邱智东, 男, 博士, 教授 Tel: 13843091218 E-mail: 527957884@qq.com

115 ℃, 雾化压力 0.11 Mpa, 进料速度 300 mL·h<sup>-1</sup>, 浸膏备用。

## 2.2 黄芪浸膏粒径对吸湿性的影响

**2.2.1 干燥方式的优选** 分别取喷雾干燥的浸膏与冷冻干燥并粉碎的浸膏, 取 150~170 目之间的浸膏并置于干燥器中 12 h 以上脱湿平衡, 备用。将底部盛有过饱和氯化钠溶液的干燥器在 25 ℃ 放置 48 h, 使其内部相对湿度恒定在 75.25%<sup>[10]</sup>。将上述 2 种黄芪浸膏分别精密称重后放入称量瓶(称量瓶直径为 25 mm)中使浸膏高度大约为 1 cm, 并将称量瓶置于上述干燥器中(称量瓶盖打开), 于 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 240 h 后取出, 并将称量瓶盖盖严, 精确称量瓶与浸膏的质量, 计算吸湿百分率, 每个样品平行做 3 份取均值。以时间为横坐标, 吸湿百分率为纵坐标绘制吸湿曲线, 见图 1。

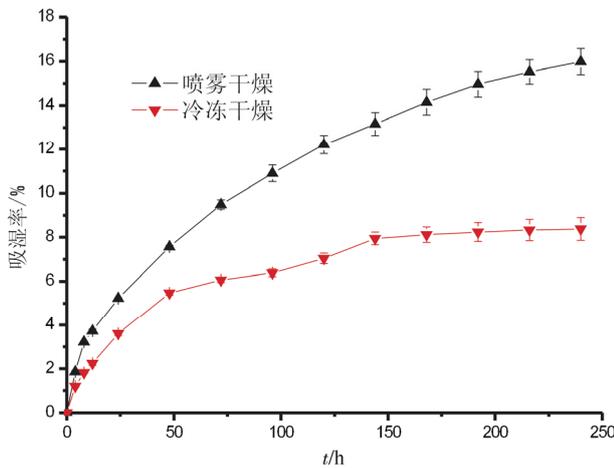


图 1 不同干燥方式的优选

Fig. 1 Optimization of different drying methods

根据对 2 种干燥方式浸膏的吸湿率比较, 在相同的时间, 喷雾干燥的吸湿率明显高于冷冻干燥, 鉴于冷冻干燥后样品具有较低的吸湿性, 我

表 1 不同粒度黄芪浸膏的吸湿曲线拟合结果

Tab. 1 The fitting results of the moisture adsorption kinetics of Astragali Radix extract with different size.

黄芪浸膏种类	吸湿方程	R <sup>2</sup>	吸湿速度方程	吸湿初速度/%·h <sup>-1</sup>	吸湿加速度/%·h <sup>-2</sup>	平衡时吸湿率/%	平衡时间/h
50~65 目	$y = -0.000\ 342\ 1x^2 + 0.132\ 2x + 1.566\ 7$	0.987\ 3	$r = -0.000\ 684\ 2t + 0.132\ 2$	0.132\ 2	-0.000\ 684\ 2	14.338\ 4	193.22
65~80 目	$y = -0.000\ 350\ 9x^2 + 0.136\ 2x + 1.527\ 7$	0.988\ 0	$r = -0.000\ 704\ 8t + 0.136\ 2$	0.136\ 2	-0.000\ 701\ 8	14.744\ 0	193.07
80~100 目	$y = -0.000\ 351\ 0x^2 + 0.136\ 4x + 1.650\ 1$	0.987\ 1	$r = -0.000\ 702\ 0t + 0.136\ 4$	0.136\ 4	-0.000\ 702\ 0	14.901\ 5	194.30
100~120 目	$y = -0.000\ 351\ 2x^2 + 0.136\ 7x + 1.603\ 2$	0.988\ 5	$r = -0.000\ 689\ 8t + 0.136\ 7$	0.136\ 7	-0.000\ 702\ 4	14.905\ 4	194.62
120~150 目	$y = -0.000\ 371\ 1x^2 + 0.144\ 5x + 1.763\ 9$	0.986\ 6	$r = -0.000\ 742\ 6t + 0.144\ 5$	0.144\ 5	-0.000\ 742\ 2	15.830\ 4	194.69

们对冷冻干燥后的浸膏进行进一步的研究。

**2.2.2 吸湿率的测定** 取上述冷冻干燥的 5 种粒径的黄芪浸膏置于干燥器中 12 h 以上脱湿平衡, 备用。方法见“2.2.1”, 结果见图 2。

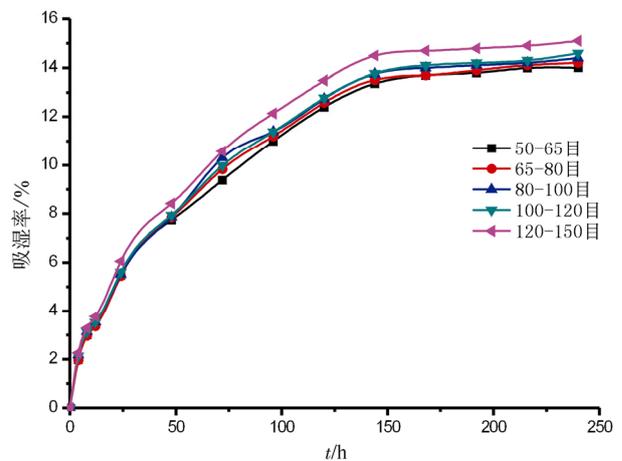


图 2 不同粒度黄芪浸膏吸湿曲线

Fig. 2 The moisture adsorption kinetics of Astragali Radix extract with different size

由图 2 可知, 随着时间的进行黄芪浸膏的吸湿性逐渐增强, 并最终保持恒定不变, 相同时间, 粒径越小吸湿性越强, 这可能是由于粒径越小, 比表面积越大, 越容易吸潮。运用 SPSS 19.0 软件对吸湿数据进行统计学分析, 结果可知各粒径间的吸湿率均不等或不全相等, 两两相比均有差别, 说明不同粒度的浸膏对吸湿性有一定的影响。

**2.2.3 吸湿数据回归分析** 中药提取物吸湿时间曲线类似于一元二次方程  $y = ax^2 + bx + c (a < 0)$  曲线中的左半段, 对各样品的吸湿时间曲线数据二项式回归处理, 得到吸湿二项式方程  $w = at^2 + bt + c$ , 求导  $r = dw/dt = 2at + b$ , 再次求导  $r' = dr/dt = 2a$ 。y 为吸湿率, t 为时间, r 为吸湿速度, r' 为吸湿加速度, a、b、c 为常数<sup>[11]</sup>。对不同粒径浸膏的吸湿曲线回归处理, 结果见表 1, 拟合的平衡时吸湿率变化趋势见图 3。

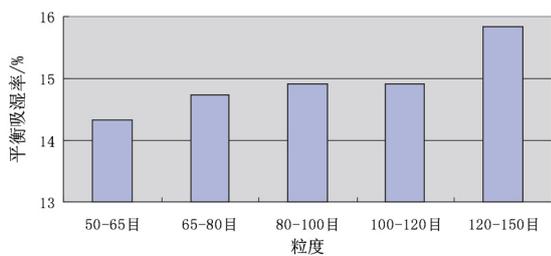


图3 不同粒度黄芪浸膏的平衡吸湿率图

Fig. 3 Balance of moisture adsorption rate of Astragali Radix extract with different size

由表1、图3可知, 5种粒径的黄芪浸膏平衡时吸湿率大小顺序为50~65目<65~80目<80~100目<100~120目<120~150目。各样品相对应的吸湿加速度均为负值, 表明吸湿变化过程为减速过程, 吸湿加速度大小顺序为50~65目<65~80目<80~100目<100~120目<120~150目。各粒径黄芪浸膏吸湿初速度由小到大次序为50~65目<65~80目<80~100目<100~120目<120~150目。达到吸湿平衡所需时间 50~65目<65~80目<80~100目<100~120目<120~150目。应用SPSS 19.0软件对不同粒径的浸膏吸湿平衡时间的差异大小进行分析。分析结果表明: 这5种不同粒度浸膏的吸湿平衡时间有一定的差别, 图3所示的柱状图可看出。因此, 黄芪浸膏粒径越大, 达到吸湿平衡所用时间越短, 平衡吸湿率越小。

**2.2.4 临界相对湿度的测定** 在25℃下将干燥并装有黄芪浸膏(浸膏高度为1 cm)的称量瓶(称量瓶直径为25 mm), 准确称重后置于48%的H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、44%的H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、溴化钠、氯化钠、氯化钾、硝酸钾过饱和溶液控制相对湿度的干燥器中(称量瓶盖打开), 相对湿度分别为40.52%, 48.52%, 57.70%, 75.28%, 84.26%, 92.48%, 保持168 h, 准确称重, 计算吸湿百分率, 以相对湿度为横坐标, 吸湿百分率为纵坐标绘制吸湿曲线, 见图4, 在图中作曲线两端的切线, 两切线交点对应的横坐标即为临界相对湿度。5种不同粒径浸膏的临界相对湿度的变化趋势见图5。

由图4、图5可知, 5种不同粒径的黄芪浸膏随着粒径的减小, 吸湿率越来越大, 吸湿现象越来越明显, 临界相对湿度分别为51.48%, 50.46%, 49.15%, 47.93%, 46.80%, 临界相对湿度越低越容易吸湿, 这些结果与不同粒度黄芪浸膏在不同时刻的吸湿曲线所得的结果是一致的。产生这

种现象的原因是随着黄芪浸膏的粒径变小, 比表面积增加, 与空气中水分子接触面积大, 接触的概率高, 吸湿性较强<sup>[12]</sup>。

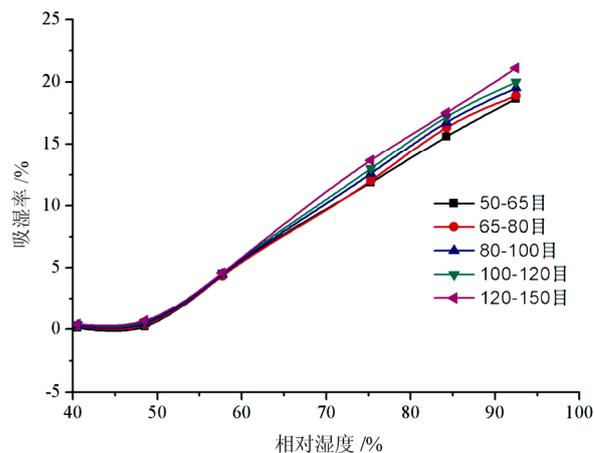


图4 不同粒度黄芪浸膏临界相对湿度的测定

Fig. 4 Determination of critical relative humidity for Astragali Radix extract with different size

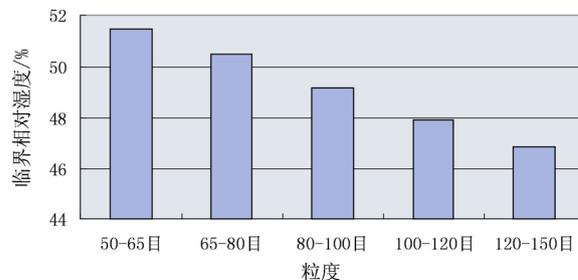


图5 不同粒度黄芪浸膏的临界相对湿度

Fig. 5 The critical relative humidity of Astragali Radix extract with different size

### 2.3 辅料的筛选

**2.3.1 辅料与浸膏配伍吸湿率测定** 查阅文献及前期预实验的结果, 选取乳糖、磷酸氢钙、硬脂酸、甘露醇、高岭土、硫酸钙、聚丙烯酸树脂、糊精、β-环糊精、甲基纤维素、微晶纤维素、可溶性淀粉、糖粉、硬脂酸镁、淀粉、羧甲基淀粉钠16种辅料分别与黄芪浸膏按1:1的比例混合均匀, 按“2.2.1”项下方法处理, 测定吸湿率, 并绘制吸湿曲线见图6。

由图6可知, 混合物中16种辅料按照羧甲基淀粉钠>聚丙烯酸树脂>糊精>甲基纤维素>微晶纤维素>环糊精>甘露醇>硬脂酸>硬脂酸镁>可溶性淀粉>淀粉>糖粉>高岭土>乳糖>硫酸钙>磷酸氢钙顺序吸湿性逐渐降低。

**2.3.2 吸湿数据回归分析** 按“2.2.3”项下方法对上述吸湿动力学数据进行回归, 结果见表2。

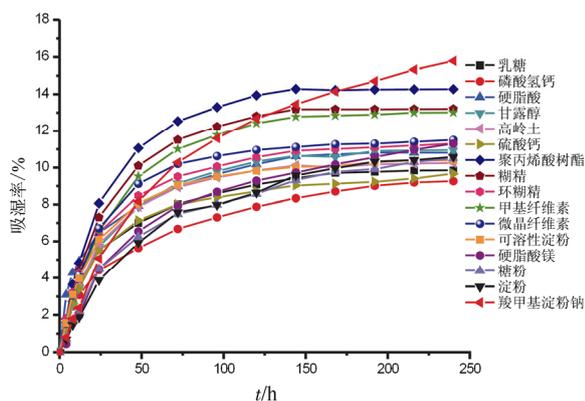


图6 辅料与黄芪浸膏配伍(质量比1:1)的吸湿曲线  
**Fig. 6** The moisture adsorption kinetics of *Astragalus mongholicus* Bunge extracts with different excipients (weight ratio was 1 to 1)

表2 辅料与黄芪浸膏配伍(质量比1:1)的吸湿曲线拟合结果

**Tab. 2** The fitting results of the moisture adsorption kinetics of *Astragali Radix* extract with different excipients (weight ratio is 1 to 1)

种类	吸湿方程	$R^2$	吸湿速度方程	吸湿初速度/ $\% \cdot h^{-1}$	吸湿加速度/ $\% \cdot h^{-2}$	平衡时吸湿率/ $\%$	平衡时间/h
乳糖	$y = -0.0004861x^2 + 0.1268x + 1.4937$	0.9458	$r = -0.0009722t + 0.1268$	0.1268	-0.0009998	9.5244	126.83
磷酸氢钙	$y = -0.0003553x^2 + 0.1004x + 1.2631$	0.9569	$r = -0.0007106t + 0.1004$	0.1004	-0.0008158	7.4412	123.07
硬脂酸	$y = -0.0004770x^2 + 0.1493x + 2.5159$	0.9151	$r = -0.0009540t + 0.1493$	0.1493	-0.0011682	11.0514	127.80
聚丙烯酸树脂	$y = -0.0006105x^2 + 0.2181x + 1.1709$	0.9694	$r = -0.00122t + 0.2181$	0.2181	-0.0016610	11.4399	130.31
高岭土	$y = -0.0006123x^2 + 0.1309x + 1.2909$	0.9580	$r = -0.001224t + 0.1309$	0.1309	-0.0010266	9.6363	127.51
硫酸钙	$y = -0.0005488x^2 + 0.1224x + 1.3149$	0.9462	$r = -0.001097t + 0.1224$	0.1224	-0.0009838	8.9291	124.42
甘露醇	$y = -0.0008542x^2 + 0.2125x + 1.7085$	0.9622	$r = -0.001708t + 0.2125$	0.2125	-0.0016484	15.4055	127.91
糊精	$y = -0.0007798x^2 + 0.1955x + 1.4998$	0.9640	$r = -0.001559t + 0.1955$	0.1955	-0.0015196	14.0756	128.65
环糊精	$y = -0.0006118x^2 + 0.1538x + 1.6961$	0.9477	$r = -0.001223t + 0.1538$	0.1538	-0.0012016	11.5390	128.00
甲基纤维素	$y = -0.0007331x^2 + 0.1875x + 1.2652$	0.9737	$r = -0.001466t + 0.1875$	0.1875	-0.0014662	13.2541	127.88
微晶纤维素	$y = -0.0007156x^2 + 0.1720x + 1.5186$	0.9515	$r = -0.001431t + 0.1720$	0.1720	-0.0013392	12.5640	128.43
可溶性淀粉	$y = -0.0006061x^2 + 0.1480x + 1.5706$	0.9455	$r = -0.001212t + 0.1480$	0.1480	-0.0011602	11.0104	127.56
硬脂酸镁	$y = -0.0002570x^2 + 0.1485x + 1.2001$	0.9640	$r = -0.0002570t + 0.1485$	0.1485	-0.0011660	11.0420	127.64
糖粉	$y = -0.0002298x^2 + 0.1366x + 1.4041$	0.9537	$r = -0.0002298t + 0.1366$	0.1366	-0.0011116	10.3447	127.53
淀粉	$y = -0.0002417x^2 + 0.1459x + 1.0087$	0.9760	$r = -0.0002417t + 0.1459$	0.1459	-0.0011323	10.5353	127.55
羧甲基淀粉钠	$y = -0.0003366x^2 + 0.2182x + 1.1634$	0.9831	$r = -0.0003366t + 0.2182$	0.2182	-0.0016732	15.3913	130.32

**2.3.3 临界相对湿度的测定** 测定黄芪浸膏与不同辅料配伍时, 浸膏在不同相对湿度环境下吸湿率, 按“2.2.4”项下方法计算临界相对湿度, 吸湿曲线见图7。

由图7可知, 辅料(磷酸氢钙、硫酸钙、乳糖、高岭土、糖粉、硬脂酸镁)与浸膏混合的临界相对湿度分别为60.07%, 60.02%, 58.21%, 56.48%, 56.20%, 54.54%。临界相对湿度越高, 吸湿性越差, 所以该结果与吸湿动力学曲线的结果是一致的。

综合各方面因素, 虽然磷酸氢钙、硫酸钙这2种无机盐吸湿性较好, 但人体摄入过多的钙盐对胃肠功能刺激很大, 很少选用。因此选用乳糖作为降低黄芪浸膏吸湿性的辅料, 乳糖易溶于水,

由表2的吸湿曲线二项式拟合结果可知, 16种辅料与黄芪浸膏混合相对应的吸湿初速度和吸湿加速度由小到大顺序为磷酸氢钙<硫酸钙<乳糖<高岭土<糖粉<淀粉<可溶性淀粉<硬脂酸镁<硬脂酸<甘露醇<环糊精<微晶纤维素<甲基纤维素<糊精<聚丙烯酸树脂<羧甲基淀粉钠。平衡吸湿率和平衡时间的大小次序与上述顺序基本一致, 即平衡吸湿率大者, 其吸湿速度较大, 吸湿性较强, 吸湿平衡时间较长。因此, 这16种辅料按照磷酸氢钙>硫酸钙>乳糖>高岭土>糖粉>淀粉>可溶性淀粉>硬脂酸镁>硬脂酸>甘露醇>环糊精>微晶纤维素>甲基纤维素>糊精>聚丙烯酸树脂>羧甲基淀粉钠依次减小的顺序降低黄芪浸膏的吸湿性。

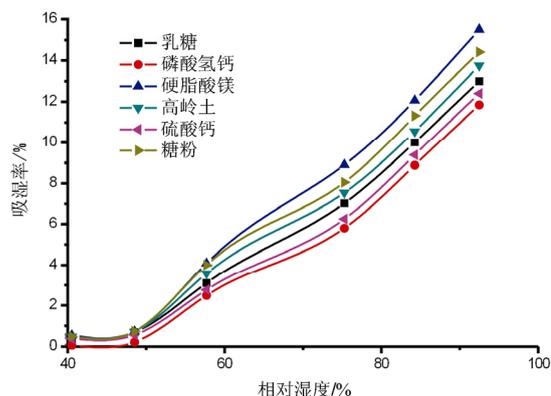


图7 不同辅料与黄芪浸膏混合(质量比1:1)的临界相对湿度的测定

**Fig. 7** Determination of critical relative humidity of *Astragali Radix* extract with different excipients (weight ratio was 1 to 1)

性质稳定, 吸湿性非常小, 口感好, 与大多数药物不起化学反应, 对主药含量测定的影响较小, 是很好的防潮剂<sup>[13]</sup>, 故将乳糖与浸膏混合, 考察不同粒径的黄芪浸膏与乳糖混合后的吸湿性情况。

## 2.4 辅料比例的考察选择

**2.4.1 乳糖吸湿曲线及临界相对湿度** 通过对纯辅料乳糖的吸湿曲线和临界相对湿度的测定为下一步辅料比例及粒径的筛选做参照。

**2.4.1.1 乳糖吸湿曲线** 按“2.2.1”项下方法测定辅料乳糖吸湿率, 并绘制吸湿曲线, 结果见图8。

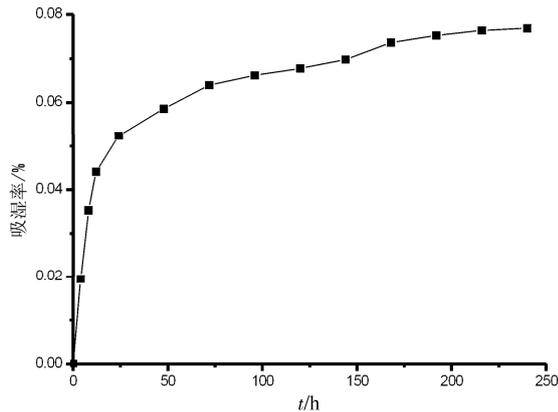


图8 乳糖的吸湿动力学曲线

Fig. 8 The moisture adsorption kinetics of lactose

由图8可知, 乳糖的吸湿平衡时间为149.13 h, 平衡时吸湿率为0.060 74%, 吸湿加速度为 $-0.322 6 \times 10^{-5} \% \cdot h^{-2}$ , 吸湿初速度为 $0.000 4811 \% \cdot h^{-1}$ ,  $R^2$ 为0.819 5, 吸湿方程为 $y = -0.000 001 613x^2 + 0.000 481 1x + 0.024 87$ , 吸湿速度方程为 $t = -0.000 003 226t + 0.000 481 1$ 。

**2.4.1.2 临界相对湿度的测定** 测定辅料乳糖在不同相对湿度环境下吸湿率, 按“2.2.4”项下方法计算临界相对湿度, 吸湿曲线见图9。由图9可知, 乳糖的临界相对湿度为63.42%。

**2.4.2 乳糖与浸膏比例的筛选** 干浸膏与辅料比例分别为1:0.3, 1:0.5, 1:1, 1:2, 1:3, 按

“2.2.4”项下方法计算临界相对湿度, 绘制吸湿曲线, 结果见图10。可见平衡吸湿率大小顺序为辅料配比1:3<1:2<1:1<1:0.5<1:0.3, 混合辅料越多浸膏吸湿性越低, 但根据辅料越少越好原则, 并结合中药浸膏制备颗粒剂的常用方式, 选择比例为干浸膏与乳糖1:1。

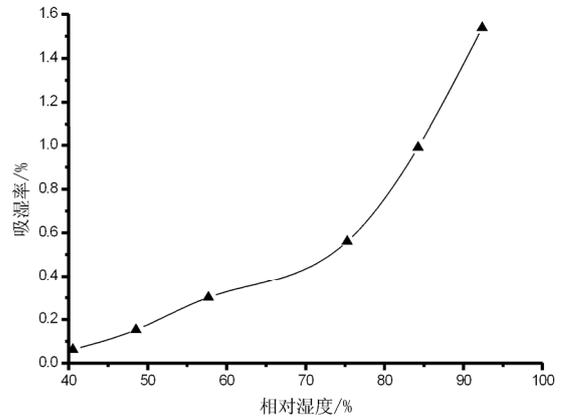


图9 乳糖的临界相对湿度的测定

Fig. 9 Determination of critical relative humidity for lactose

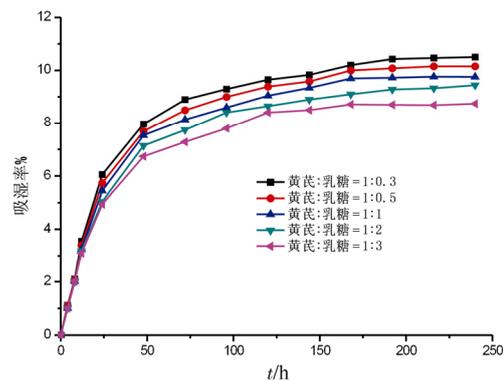


图10 黄芪浸膏与乳糖不同比例混合的吸湿曲线

Fig. 10 The moisture adsorption kinetics of Astragali Radix extract with different amounts of lactose

**2.4.3 吸湿数据回归分析** 按“2.2.3”项下方法对上述吸湿动力学数据进行回归, 所得结果见表3。

表3 黄芪浸膏与乳糖不同比例混合的吸湿曲线的拟合结果

Tab. 3 The fitting results of the moisture adsorption kinetics of Astragali Radix extract with different amounts of lactose

黄芪:乳糖 (质量比)	吸湿方程	$R^2$	吸湿速度方程	吸湿初速度 度/ $\% \cdot h^{-1}$	吸湿加速 度/ $\% \cdot h^{-2}$	平衡时吸 湿率/ $\%$	平衡时间/h
1:0.3	$y = -0.000 286 6x^2 + 0.099 7x + 2.298 7$	0.916 5	$t = -0.000 286 6t + 0.099 7$	0.099 70	$-0.000 573 2$	10.969 4	173.94
1:0.5	$y = -0.000 280 1x^2 + 0.097 19x + 2.182 9$	0.925 3	$t = -0.000 228 01t + 0.097 19$	0.097 19	$-0.000 560 2$	10.613 7	173.49
1:1	$y = -0.000 273 4x^2 + 0.094 57x + 2.067 62$	0.926 7	$t = -0.000 273 4t + 0.094 57$	0.094 57	$-0.000 546 8$	10.245 6	172.95
1:2	$y = -0.000 258 3x^2 + 0.089 21x + 2.012 23$	0.929 0	$t = -0.000 258 3t + 0.089 21$	0.089 21	$-0.000 516 6$	9.71 49	172.69
1:3	$y = -0.000 248 7x^2 + 0.084 99x + 1.966 5$	0.932 1	$t = -0.000 248 7t + 0.084 99$	0.084 99	$-0.000 497 4$	9.227 6	170.87

由表 3 可知, 辅料越多, 平衡时吸湿率、吸湿加速度、吸湿初速度越小, 且达到吸湿平衡所需时间越短, 吸湿性越差, 防潮效果越好。

## 2.5 乳糖与不同粒径黄芪浸膏混合后的吸湿情况

**2.5.1 吸湿率测定** 5种粒径的浸膏与乳糖以1:1混合, 按“2.2.1”项下方法测定吸湿率, 绘制吸湿曲线, 结果见图11, 并拟合结果, 见表4。

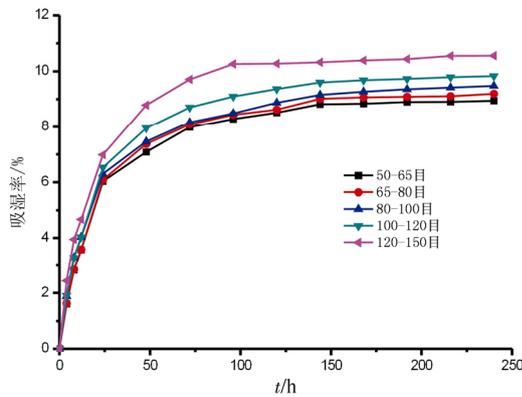


图 11 乳糖与不同粒度黄芪浸膏混合的吸湿曲线  
Fig. 11 The moisture adsorption kinetics of lactose with Astragali Radix extract of different particle size

由图11可知, 与乳糖混合时, 黄芪浸膏粒度越大, 吸湿性越小, 与黄芪浸膏不加辅料时粒径

表 4 不同粒度浸膏与乳糖混合的吸湿曲线拟合结果

Tab. 4 The fitting results of the moisture adsorption kinetics of lactose with Astragali Radix extract of different particle size

种类	吸湿方程	$R^2$	吸湿速度方程	吸湿初速度 度/ $\% \cdot h^{-1}$	吸湿加速 度/ $\% \cdot h^{-2}$	平衡时吸 湿率/ $\%$	平衡时间/h
50~65 目	$y = -0.0005267x^2 + 0.1282x + 1.5667$	0.9279	$r = -0.0010534t + 0.1282$	0.1282	-0.0010534	9.3677	121.70
65~80 目	$y = -0.0005309x^2 + 0.1299x + 1.5277$	0.9251	$r = -0.0010618t + 0.1299$	0.1299	-0.0010618	9.4736	122.34
80~100 目	$y = -0.0005332x^2 + 0.1307x + 1.6501$	0.9099	$r = -0.0010664t + 0.1307$	0.1307	-0.0010664	9.6595	122.56
100~120 目	$y = -0.0005646x^2 + 0.1338x + 1.6032$	0.9200	$r = -0.0011292t + 0.1338$	0.1338	-0.0011292	10.1338	122.92
120~150 目	$y = -0.0006060x^2 + 0.1527x + 1.7639$	0.9218	$r = -0.0012120t + 0.1527$	0.1527	-0.0012120	11.3832	125.99

由图 12 可知, 5 种不同粒径的浸膏与乳糖混合后随着粒径的减小, 吸湿率越来越大, 吸湿现象越来越明显, 相较于不加辅料的黄芪浸膏临界相对湿度增高, 吸湿现象有了明显的改善。50~65 目 CRH 为 61.56%、65~80 目 CRH 为 59.64%、80~100 目 CRH 为 56.12%、100~120 目 CRH 为 54.45%、120~150 目 CRH 为 54.22%。这些结果与不同时刻的吸湿曲线所得的结果是一致的。

## 3 讨论

黄芪浸膏吸湿的可能性机制包括: 黄芪浸膏表面存在能与极性水分子作用的极性活性位点, 水分子与黄芪浸膏之间通过分子间作用力相互吸

对其吸湿性影响的结论是一致的。

**2.5.2 吸湿数据回归分析** 按“2.2.3”项下方法对上述吸湿动力学数据进行回归, 所得结果见表 4。

由表 4 可知, 与乳糖混合的黄芪浸膏粒径越大, 平衡时吸湿率、吸湿加速度、吸湿初速度越小, 且达到吸湿平衡所需时间越短, 吸湿性越低。

**2.5.3 临界相对湿度的测定** 测定不同粒径的黄芪浸膏与乳糖混合后在不同相对湿度环境下吸湿率, 按“2.2.4”项下方法计算临界相对湿度, 吸湿曲线见图 12。

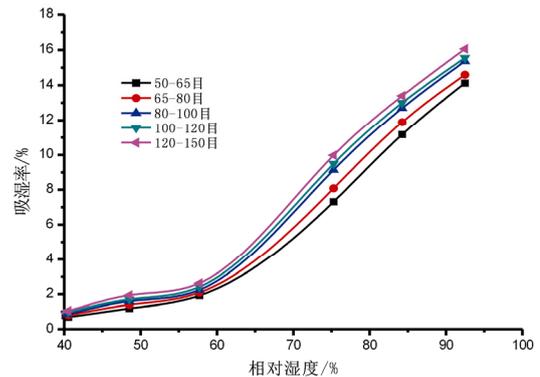


图 12 不同粒度黄芪浸膏与乳糖混合临界相对湿度的测定  
Fig. 12 Determination of critical relative humidity of lactose with Astragali Radix extract of different particle size

引, 水分子吸附在黄芪浸膏粉体表面; 黄芪浸膏粉体间的空隙可看成毛细管, 通过毛细管吸附作用, 水分吸附在黄芪浸膏粉体的孔隙中。

黄芪浸膏的吸湿过程, 是随着环境中相对湿度的增大, 水分在浸膏粉体上逐步凝聚的过程。吸湿过程可分为3个阶段:

①黄芪浸膏从含水量为零的干燥状态开始, 表面的活性位点不断吸附水分子, 同时提取物粉体逐层将水分吸附到孔壁上, 随着水蒸气分压的增加, 孔壁上的水层越来越厚, 过程如图13(阴影表示凝集水)的前3个图所示<sup>[14]</sup>。

②当孔壁上水层增加到相当厚度, 在孔中孔

径较小处首先相接形成凹液面，然后凹液面逐渐外移，直至水分将孔全部添满为止，过程如图13中的后3个图所示的。

③水分将孔添满后，随着水蒸气分压的增大，

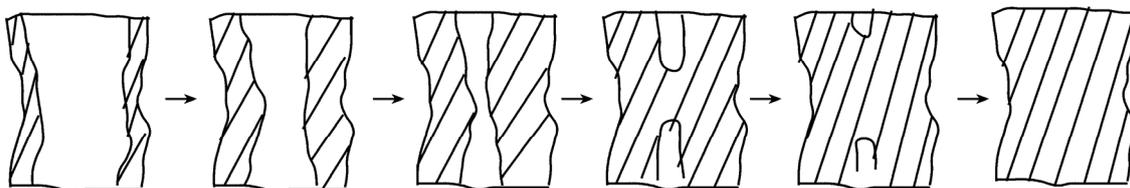


图 13 黄芪浸膏吸附水分过程示意图(阴影表示凝集水)

Fig. 13 Moisture adsorption process diagram of Astragali Radix extract

辅料的添加掩盖了黄芪浸膏表面的活性位点，而辅料本身又具有较低的吸湿性，这样降低了黄芪浸膏的吸湿性。

综合来看，黄芪浸膏添加辅料前后的粒度对吸湿性影响的研究表明，浸膏粒径越小，吸湿初速度、吸湿加速度、平衡时吸湿率越大，临界相对湿度越低，吸湿性越强，这些物理因素最终可归结如下：与空气接触的黄芪浸膏表面积越大，接触水分子的概率越高，吸湿性越强，即黄芪浸膏的物理性质对其吸湿性影响很大。辅料的添加对黄芪浸膏吸湿性影响较大，不同辅料影响效果不同，综合考虑，乳糖降低吸湿性较强较适用。

## REFERENCES

[1] 中国药典. 一部[S]. 2015: 302.  
 [2] MU J X, YANG S B. Improvement of Huangqi injection on muscle atrophy induced by sciatic nerve injection injury in rats [J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学), 2015, 32(4): 407-410.  
 [3] LIU B Y, YU Y, YI J, et al. Effects of Astragaloside A and oleanolic acid on the proliferation of neural stem cells and the expression of Jagged1 mRNA *in vitro* [J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学), 2015, 32(9): 1033-1036.  
 [4] LI H, LI X F, YI P, et al. Research progress of moisture-proof technology in traditional Chinese medicine solid drugs [J]. J Chengdu Univ Traditi Chin Med(成都中医药大学学报), 2013,

黄芪浸膏水分含量继续增加，此过程不再存在毛细现象，其蒸气压变化规律同液面为水平面状态时基本相同。这个过程一直持续到水蒸气为饱和状态。

36(1): 117-121.

[5] 孙淑萍, 狄留庆, 黄耀洲, 等. 不同辅料对中药全浸膏制剂防潮效果的比较研究[J]. 中成药, 2006, 28(6): 897-899.  
 [6] GEN S, WANG W. Hygroscopic evaluation and its practical application of solid preparation of Chinese materia medica [J]. J Math Med(数理医药学杂志) 2013, 26(5): 744-745.  
 [7] SUN S P, DI L Q. Studies relationship between powder characteristic of kinds of granules and their hygroscopicity [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2009, 34(3) : 897-899.  
 [8] 张志祖, 黎颖, 吴钉红, 等. 10 种中药片剂浸膏质量控制报告[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(10): 2489-2490.  
 [9] LUO S J. Discussion of the moistureproof effects of different excipients on total TCM extract [J]. Chin J Med Guide(中国医药导刊), 2013, 15(6): 1087-1088.  
 [10] YIN X Q, XU J Y, DU L J, et al. Influence of several excipients on damp-proof performance of pharmaceutical materials of traditional Chinese medicine [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2013, 38(14): 2297-2310.  
 [11] LI X F, HE Q L, XIANG Y C, et al. Study on damp-proofing excipients of APS granules [J]. Chin J Exp Tradit Med Form(中国实验方剂学杂志), 2011, 17(9): 11-14.  
 [12] 金慧臻, 狄留庆, 汪晶, 等. 中药浸膏粉体吸湿及改性技术研究进展[J]. 中成药, 2011, 33(11): 1960-1964.  
 [13] 孙淑萍, 陈靠山, 吴少云. 牛蒡低聚糖防潮颗粒的研制[J]. 中国中医药科技, 2009, 16(4): 297-299.  
 [14] MCMINN W A M, MAGEE T R A. Studies on the effect of temperature on the moisture sorption characteristics of potatoes [J]. J Food Process Eng, 1999, 22(2): 113-128.

收稿日期: 2016-06-11