

表征中药煮散的粉体特征参数及水煎液中的分散溶出行为研究

文 谨¹, 刘起华^{1*}, 柯李晶², 仝小林¹

1. 中国中医科学院广安门医院, 北京 100053

2. 福州大学生物工程研究所, 福建 福州 350002

摘要: 目的 研究中药煮散的粉体特征及其水煎液中成分的分散溶出行为, 为煮散的粒径控制及实际应用提供实验依据。方法 选取黄芩、黄连、葛根、甘草 4 种饮片制成煮散, 考察其粒度分布、流动性等粉体特征及水煎液中混悬性微粒的分散属性, 并比较煮散与饮片煎煮有效成分的溶出行为。结果 黄芩、黄连、甘草煮散粒度分散均匀, 流动性好, 葛根煮散稍差。煮散与饮片水煎液中大多为亚微米级颗粒, 而光学和电学性质显示煮散水煎液中的微粒较多、较大、易沉降, 具有非均相液体的特征, 而其成分溶出速度、溶出量均明显高于饮片。结论 煮散作为新型饮片之一, 能增加药效物质的溶出, 缩短煎煮时间, 提高药材利用率, 值得研究推广。

关键词: 煮散; 粉体特征; 溶出行为; 饮片; 黄芩; 黄连; 葛根; 甘草

中图分类号: R284.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2015)23-3489-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.23.008

Study on characteristics and dissolution behavior in decoction for boiling powders of Chinese materia medica

WEN Jin¹, LIU Qi-hua¹, KE Li-jing², TONG Xiao-Lin¹

1. Guang'an men Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100053, China

2. Institute of Biotechnology, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China

Abstract: Objective To study the powder characteristics and dissolution behavior of the composition in decoction for boiling powders of Chinese materia medica, and to provide scientific evidence for particle size control and its application. **Methods** Four kinds of herbal pieces such as *Scutellariae Radix*, *Coptidis Rhizoma*, *Puerariae Radix*, and *Glycyrrhizae Preparata Radix* were prepared in powders. Powder characteristics including particles distribution and mobility, and dispersion properties of particles in the water decoction were investigated. Additionally, dissolution behaviors of the composition in decoction made from powders and pieces were compared. **Results** Well-distributed particles and high mobility were observed in *Scutellariae Radix*, *Coptidis Rhizoma*, and *Glycyrrhizae Radix Preparata* powders, rather than in *Puerariae Radix* powder. The suspended particles in the decoction in both powders and pieces were submicron. However, optical and electrical properties showed that the suspended particles in the decoction made from powders were more, bigger, and easier to settle as heterogeneous liquid was. Dissolution velocity and amount of the active ingredients in the decoction made from powders were significantly higher than those of pieces. **Conclusion** As a new type of herbal decoction which could increase the dissolution of active ingredients, it could shorten decocting duration and improve the availability of herbs. The boiling powders are worth being studied and promoted.

Key words: boiling powders; powder characteristics; dissolution behavior; decoction pieces; *Scutellariae Radix*; *Coptidis Rhizoma*; *Puerariae Radix*; *Glycyrrhizae Radix Preparata*

中药剂量-效应关系研究是保证中医药临床疗效的基础和前提, 然而, 中药剂量不仅仅是一个药材用量问题, 药材品质、调剂学处理(饮片粒度大

小、煎煮时间等)均可能影响中药剂量的准确性, 进而影响临床疗效的发挥。饮片是中药临床应用的主要形式, 随着中药现代化的推进, 各种新型饮片

收稿日期: 2015-04-28

基金项目: 国家“973计划”项目(2010CB530601); 北京市科委项目(Z121102001112010)

作者简介: 文 谨, 女, 本科, 副主任药师, 从事中药制剂及分析研究。E-mail: wenjin7777@hotmail.com

*通信作者 刘起华, 主任药师。E-mail: gam-yaoyan@163.com

逐渐出现^[1-2]。新型饮片的大小规格与传统饮片往往不同,相同煎煮条件下,疗效可能不尽相同,中药煮散能提高煎出率,节省原药材用量,在一定程度上保护中药资源^[3],为新型饮片的一种。加强其质量控制技术及方法的研究,有利于中药质量及疗效的提高,也是中药现代化、科学化的基石和措施。

根及根茎类中药由于质地坚硬,致密度高,浸出率低,水分不易迅速浸入药材内部组织细胞,入汤剂煎煮时所需时间长,且不易煎透,而制成煮散后为颗粒状,浸出率大大提高^[4]。本实验选择在物性特征方面具有此种典型性的4种根及根茎类中药葛根、黄连、黄芩、甘草,通过粉碎制成煮散颗粒,研究其影响质量评价的粉体特征,进一步考察其有效成分在水煎液中的溶出行为,阐明水煎液中微观成分的变化规律,以期煮散的粒径控制与应用提供实验数据,探讨可能影响中药量-效关系的因素,同时为其他类别的中药煮散的研究提供理论及实验依据。

1 仪器与材料

HI93703-11 便携式浊度测定仪,意大利HANNA公司;BT-1000 粉体综合特性测试仪,丹东百特仪器有限公司;PoreMasterGT60 型压汞仪,美国康塔公司;Nano-ZS90 Zetasizer 激光粒度分析仪,英国马尔文 Malvern 公司;GL-21M 高速冷冻离心机,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;FZ102 微型植物试样粉碎机,北京中兴伟业仪器有限公司;岛津 LC-20A 高效液相色谱仪,LC solution 工作站,日本岛津公司;Sartorius BP211D 天平,德国赛多利斯公司。

葛根、黄芩、黄连、炙甘草购于北京本草方源药业有限公司,葛根为豆科植物野葛 *Pueraria*

lobata (Wild.) Ohwi 的干燥根,黄芩为唇形科植物黄芩 *Scutellaria baicalensis* Georgi. 的干燥根,黄连为毛茛科植物黄连 *Coptis chinensis* Franch. 的干燥根茎,甘草为豆科植物甘草 *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. 的干燥根及根茎,均经中国中医科学院广安门医院刘起华主任药师鉴定为正品。对照品均为定量测定用,葛根素(批号 752-200108)、黄芩苷(批号 0715-9708)购于中国食品药品检定研究院,小檗碱(批号 1370-090805,质量分数 98%)、甘草酸铵(批号 1234-091020,质量分数 98%)购于中药固体制剂制造技术国家工程研究中心。

2 方法与结果

2.1 煮散的制备及粉体特征

取黄连、黄芩、葛根、甘草4种中药饮片,采用粉碎机粉碎,制成一定粒度的颗粒,其粒度范围为小于10目大于80目的颗粒在总颗粒中所占比例不得少于80%。所得颗粒研究其粒度分布、流动性及比表面积等粉体特征。

2.1.1 4种中药的物性特征及性状 根及根茎类中药具有不同的物性特征,不仅会影响其粉碎后粒度的分布,还会影响其流动性。煮散是饮片或原药材经过粉碎后制成的,其性状有了较大的变化,需作为质量评价的指标之一,结果见表1。

2.1.2 粒度的分布 采用筛分法测定^[5]。取供试品30g,称定质量,置药筛中左右往返过筛,取不能通过各小号筛和能通过各大号筛的颗粒及粉末,称定质量,计算所占百分比。结果见表2。

由粒度分布看出,黄连、黄芩、甘草煮散颗粒10~20目占总颗粒的60%以上,葛根煮散颗粒10~40目占总颗粒的60%以上。

2.1.3 流动性测定 影响中药粉体流动性的因素除

表1 4种中药饮片与煮散

Table 1 Four kinds of herbal pieces and boiling powders

样品	分类	物性特征	饮片性状	煮散性状
黄连	根茎类	质硬脆	不规则的厚片,外表皮灰黄色或黄褐色,切面或碎断面鲜黄色或红黄色	橙黄色至黄褐色颗粒
黄芩	根类	质硬而脆,易折断	类圆形或不规则形薄片,外表皮黄棕色或棕褐色,切面黄棕色或黄绿色	黄色至黄棕色颗粒
葛根	根类	纤维性强	呈不规则的厚片、粗丝或边长为5~12mm的方块,切面浅黄棕色至棕黄色	黄白色至淡棕色颗粒
甘草	根及根茎类	质坚实	类圆形或椭圆形切片,外表皮红棕色或灰棕色,切面黄色至深黄色	淡黄色至黄棕色颗粒

表2 煮散粒度分布
Table 2 Particle distribution of boiling powders

煮散	占比/%					
	10~20目 (2~0.9 mm)	20~40目 (0.9~0.45 mm)	40~60目 (0.45~0.3 mm)	60~80目 (0.3~0.18 mm)	80~100目 (0.18~0.15 mm)	>100目 (<0.15 mm)
黄连	60.1	20.9	7.4	4.6	1.1	4.9
黄芩	62.3	20.5	7.1	4.4	1.7	3.5
葛根	38.0	22.8	13.6	12.3	7.1	5.0
甘草	66.7	15.2	6.0	4.3	1.9	5.4

生药粉本身所含化学成分外, 主要与粒子的大小及其分布、粒子的形态与表面粗糙程度有关, 而粉体的流动性对药物混合的均匀性、分装的准确性等均有一定影响^[6], 对生产、应用及质量控制具有重大意义。采用 Carr 测定法^[7-8], 即应用休止角、平板角、凝集度、压缩度、均齐度 5 项指数, 用得分制的数值方法表示粉体的流动性, 其中压缩度是样品的振实密度与松装密度之差与振实密度之比的结果。使用粉体综合特性测试仪对 4 种煮散颗粒进行

流动性测试, 结果见表 3。

植物类中药质地的硬脆性和纤维的坚韧性不同, 粉碎后粒子的流动性效果亦不同, 所测得的各项参数按照流动指数计算公式进行计算, 对照 Carr 指数表来判定粉体流动程度的结果表明, 黄连、黄芩、甘草煮散颗粒流动性分别为良好、良好、一般, 而葛根由于富含纤维及淀粉, 所制煮散均匀性较差、流动性不大好。

2.1.4 比表面积的测定^[9] 植物类中药粒子形态多

表3 流动性测试结果
Table 3 Results of flow properties test

煮散	休止角/(°)	松装密度/(g·cm ⁻³)	振实密度/(g·cm ⁻³)	平板角/(°)	均齐度	凝集度	流动性
黄连	42	0.53	0.57	77	5.07	95.58	良好
黄芩	42	0.41	0.44	75	3.41	92.15	良好
葛根	52	0.30	0.35	90	7.46	84.39	较差
甘草	47	0.36	0.38	80	2.74	94.53	一般

不规则, 表面粗糙且有孔隙, 比表面积是表征粉体材料性能、揭示团聚行为等的重要参数。分别取 4 种煮散颗粒置入全自动压汞仪中, 测试比表面积, 结果黄连、黄芩、甘草、葛根煮散的比表面积分别为 10.41、7.95、6.28、4.47 m²/g ($n=3$)。

物料比表面积越大, 与空气接触面积就越大, 发生水交换的频率也相应增大, 物料的吸湿性增强。黄连、黄芩、甘草煮散与葛根煮散相比吸湿性可能强一些, 但还需进一步进行颗粒吸湿速率测定, 为生产、贮藏的环境提供参考。

2.2 煮散水煎液中成分的分散溶出行为

2.2.1 水煎液的分散行为 溶液中许多悬浮胶体物在光线的照射下会产生浑浊现象即产生浊度, 浊度一般根据光线透过悬浮液后光线强度的减少程度来确定, 其取决于单位体积悬浮液内颗粒数目及颗粒的光散射特性。取饮片与煮散各 10 g, 加入 200 mL

纯水浸泡 20 min 后煮沸, 保持微沸 20 min, 趁热用无纺布滤过, 滤液放置冷却后, 摇匀, 待用。微米和纳米尺度颗粒统计分析^[10]: 根据各种中药水提液不同离心速率的浊度定量测定结果, 并设定 4 000 r/min 的离心液中颗粒粗略地看作为亚微米级颗粒, 14 000 r/min 离心后的透明液中颗粒看作为纳米级颗粒, 则可以根据下式算出各尺度的近似百分比, 结果见表 4。

$$\text{亚微米级颗粒占总颗粒数百分比} = (R_1 - R_2) / R_1$$

$$\text{纳米级颗粒占总颗粒数百分比} = R_2 / R_1$$

其中 R_1 为 4 000 r/min 离心后上清液的浊度值, R_2 为 14 000 r/min 离心后上清液的浊度值

浊度值反映出汤剂中悬浮物、胶体物质的量, 从表 4 浊度数值可以看出, 在 4 000 r/min 及 14 000 r/min 离心后中药煮散的浊度值均明显高于中药饮片, 说明其悬浮物颗粒及胶体物较多。饮片与煮散

表4 浊度测定值和微纳尺度颗粒百分比

Table 4 Determined results of turbidity and percentage of micro-nano particle

样品	R ₁	R ₂	百分比/%	
			亚微米级颗粒	纳米级颗粒
黄连饮片	135.00	18.62	86.2	13.8
黄连煮散	151.00	96.00	36.4	63.6
黄芩饮片	119.00	33.23	72.1	27.9
黄芩煮散	514.00	196.00	61.9	38.1
葛根饮片	16.66	7.52	54.9	45.1
葛根煮散	99.00	48.54	51.0	49.0
甘草饮片	22.57	4.80	78.7	21.3
甘草煮散	123.00	33.59	72.7	27.3

水煎液中大多为亚微米级颗粒，煮散的纳米级颗粒所占比例高于饮片。但是，浊度不仅与悬浮物的量有关，还与水中杂质的成分、颗粒大小、形状及其表面的反射性能有关，因此常用的浊度计对较小的纳米颗粒并不能检测出来，所以实际上中药水煎煮液中所含的纳米级颗粒数量会远大于表中的浊度近似计算值，而亚微米级颗粒数量将远小于表中的计算值。

2.2.2 水煎液中微粒及 Zeta 电位测定 由于饮片及煮散汤剂中存在大量的混悬型胶体微粒，作为粗分散体系属于动力学不稳定体系，易发生沉降，Zeta 电位是判断其物理稳定性的重要指标^[1]，测定结果见图 1 和表 5。

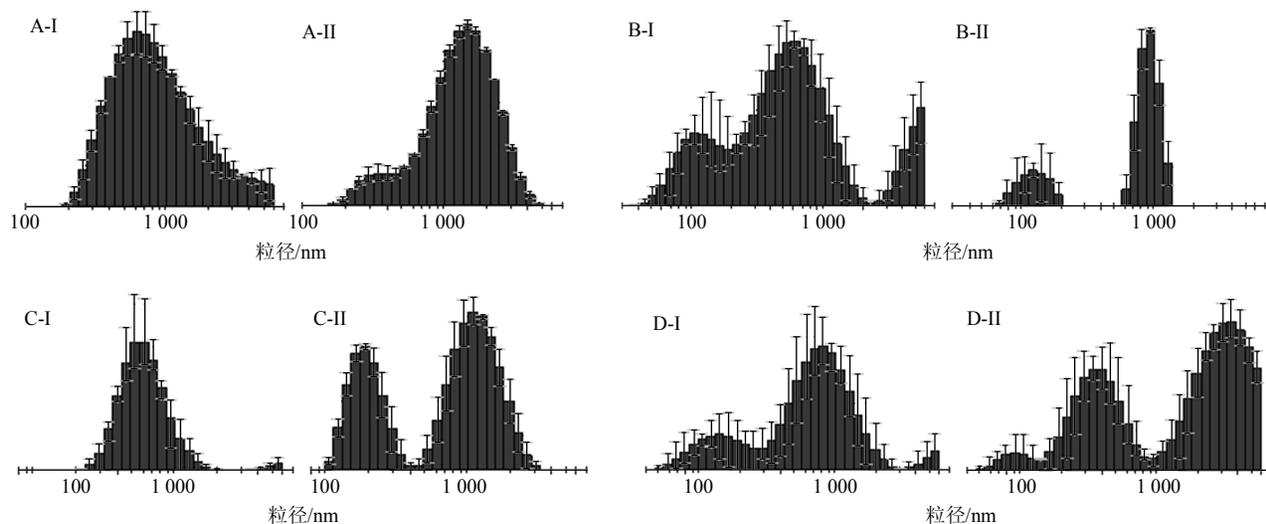


图1 黄芩 (A)、葛根 (B)、黄连 (C)、甘草 (D) 4种饮片 (I) 与煮散 (II) 水煎液中微粒的分布

Fig. 1 Particle distribution in decoction pieces (I) and boiling powders (II) of *Scutellariae Radix* (A), *Coptidis Rhizoma* (B), *Puerariae Radix* (C), and *Glycyrrhizae Radix Preparata* (D)

表5 Zeta 电位和平均粒径测定结果

Table 5 Determined results of Zeta potential and average diameter

样品	平均粒径/nm	Zeta 电位/mV
黄连饮片	562.4	-6.26
黄连煮散	403.9	-2.58
黄芩饮片	645.5	-6.68
黄芩煮散	979.0	-4.64
葛根饮片	329.3	-4.24
葛根煮散	1 640.7	-3.28
甘草饮片	413.7	-10.30
甘草煮散	554.5	-6.93

饮片与煮散水煎液相比，黄芩饮片的颗粒平均粒径比煮散的平均粒径小；粒径分布上，煮散颗粒大尺寸颗粒变多。葛根饮片的颗粒平均粒径比煮散的平均粒径小；粒径分布上，煮散颗粒形态有 2 个颗粒组分，饮片只有 3 个颗粒组分；煮散的由于颗粒聚集，导致平均粒径变大，但在形态分布上变得较单一。黄连饮片的颗粒平均粒径比煮散颗粒平均粒径大，但煮散比饮片颗粒整体往大尺寸方向移，煮散颗粒更多分布于大尺寸中；煮散颗粒形态更多，有 2 个颗粒组分，饮片只有单个颗粒组分；煮散的大尺寸颗粒变多。甘草饮片的颗粒平均粒径比煮散的平均粒径小；粒径分布上，煮散颗粒变大，煮散的大尺寸颗粒变多。从 Zeta 电位上看，以上 4 种饮

片的 Zeta 电位绝对值均比煮散的大,表明饮片颗粒会相对稳定些,煮散使汤剂更不稳定,更容易沉淀,因此临床在使用时要确保充分摇匀,使沉降的微粒重新扩散分布到液体中,而这种分散亦是可逆的。

2.2.3 煮散水溶性固形物及化学指标成分的溶出行为 将饮片、煮散按相同条件进行煎煮,每种样品称定各 3 份,黄芩、黄连加水 16 倍,甘草加水 18 倍,葛根加水 20 倍,浸泡 20 min,分别煎煮 10、20、30、40、50、60 min,滤过,滤液加水定容至 100 mL,备用。取水煎液各 10 mL,置于已恒定质量的蒸发皿中,在水浴上蒸干后,于 105 °C 干燥 3 h,置干燥器中冷却 30 min,迅速精密称定质量,计算各个时间点水溶性固形物的量,结果见表 7~10。参考《中国药典》一部中葛根、黄芩、黄连、甘草定量测定的指标成分,取水煎液分别测定葛根中葛根素、黄芩中黄芩苷、黄连中小檗碱、甘草中甘草酸铵的量^[5,12],结果见表 6~9。

在相同煎煮条件下,饮片水溶性固形物及指标成分的溶出随着时间的增加逐渐增加,在 50~60 min 才能达到平衡,而煮散水溶性固形物及指标成

表 6 葛根煮散与饮片的对比 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 6 Comparison on boiling powders and herbal pieces of *Puerariae Radix* ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

煎煮时 间/min	水溶性固形物/%		葛根素/mg	
	煮散	饮片	煮散	饮片
10	44.21±1.47	18.00±0.66	128.43±2.59	61.35±3.86
20	44.43±1.79	22.61±0.44	124.72±3.24	75.72±4.19
30	44.95±0.48	25.59±1.21	128.57±3.48	87.33±2.52
40	43.77±1.54	26.66±1.42	122.68±4.36	94.27±2.16
50	44.38±1.87	27.87±0.59	125.67±2.41	96.42±4.36
60	43.34±1.69	30.13±1.86	125.38±3.31	109.75±4.33

表 7 黄芩煮散与饮片的对比 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 7 Comparison on boiling powders and herbal pieces of *Scutellariae Radix* ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

煎煮时 间/min	水溶性固形物/%		黄芩苷/mg	
	煮散	饮片	煮散	饮片
10	30.49±0.26	17.96±1.19	671.21±3.26	471.93±4.19
20	30.20±0.11	23.67±0.45	670.52±5.11	516.90±5.45
30	32.02±0.56	25.73±0.19	673.67±3.56	546.67±5.19
40	32.14±1.10	27.28±1.21	681.21±4.12	589.17±3.21
50	31.33±0.91	28.87±1.11	672.67±5.91	635.83±6.11
60	32.84±0.61	31.48±0.41	685.43±4.61	660.20±6.41

表 8 黄连煮散与饮片的对比 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 8 Comparison on boiling powders and herbal pieces of *Coptidis Rhizoma* ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

煎煮时 间/min	水溶性固形物/%		小檗碱/mg	
	煮散	饮片	煮散	饮片
10	21.57±0.20	10.65±0.84	236.53±2.00	134.50±3.69
20	21.44±0.34	11.73±1.26	239.67±1.88	132.67±2.08
30	21.44±0.29	13.87±0.77	248.87±1.33	153.17±2.18
40	21.24±0.20	17.57±0.74	241.83±2.64	200.83±3.02
50	21.04±0.35	19.19±0.42	236.07±2.70	222.17±3.95
60	20.86±0.38	19.42±0.37	238.30±2.94	220.47±4.74

表 9 甘草煮散与饮片的对比 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 9 Comparison on boiling powders and herbal pieces of *Glycyrrhizae Radix* ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

煎煮时 间/min	水溶性固形物/%		甘草酸铵/mg	
	煮散	饮片	煮散	饮片
10	42.75±0.77	20.83±0.61	55.56±1.09	17.15±0.69
20	43.38±0.86	24.84±1.14	55.32±0.33	22.18±0.95
30	43.02±0.41	26.40±0.87	55.29±1.22	23.37±1.86
40	42.79±0.41	28.76±0.47	54.42±0.18	32.13±3.42
50	43.08±1.54	30.47±1.06	56.31±1.00	33.06±2.81
60	41.29±1.71	31.68±0.60	54.01±0.23	34.46±3.32

分的溶出在 10~20 min 即达到平衡,溶出速度快于饮片,而且在每个时间点均高于饮片。尤其对于葛根、甘草这种切制成厚块状或厚片的饮片,指标成分溶出速率慢,且溶出量也远低于煮散。综上,煮散较传统饮片的煎煮时间明显缩短、煎出效率明显提高,具有省时、省材的优点。

3 讨论

中药饮片切制后的外观规格仍多参照传统经验。由于多种历史原因,对同一品种的规格,各地经常要求不一致,也是造成了各地的饮片标准难以统一的主要原因之一。只有经过现代科学实验,寻找到一种数据化、标准化、客观化、可量化的科学指标,使其能较为准确地反映饮片有效成分的提取效率,并求出最佳值,才能科学地描述和定义中药饮片的外观规格^[13],而煮散正是规范饮片规格的最佳选择之一。粒度、比表面积等是任何有形物质所具有的属性,且对药材的有效成分提取率影响较大,不失为制定中药煮散外形规格的重要科学依据。系统展开结构特征、理化性质、特征参数体系等研究,构建反映中药煮散特色的粉体研究方法,可为中药

煮散的标准化研究提供可靠技术平台。

在中药的水提液中,由于水是一种强的极性溶剂,而中药中的某些成分如无机盐、糖类、分子不太大的多糖类、鞣质、氨基酸、蛋白质、有机酸盐、生物碱盐及苷类等都是强极性或有部分极性的分子,在水提的过程中很容易被溶出,其中的粘液质、蛋白质、果胶、淀粉等大分子物质在水提液中形成了胶体分散体系。周建武等^[4]亦发现中药麻杏石甘汤中同样存在着胶体颗粒,颗粒粒径分布从50~150 nm不等,同时认为汤剂中的纳米颗粒存在自组装行为。中药煮散形成的此种胶体非均相分散体系是否有利于在胃肠壁的黏附、增加吸收、增强疗效值得研究。完茂林等^[10]对根茎类、果实类、全草类、藤木类共计22种药材水提液进行离心处理,显微镜观察结果表明,各药材原液中存在大量微米级颗粒,4 000 r/min离心上清液中含有少量的颗粒,15 000 r/min离心上清液显微结果则无颗粒。而对水提液经15 000 r/min离心处理所得透明澄清液体进行磷钨酸负染后,透镜拍片,观察得到纳米颗粒的存在。从显微分析可知,在中药水提取液中存在大量形态不一的微米级和纳米级颗粒体,低速离心澄清液中存在大量的亚微米级颗粒,高速离心液中仍然存在较多的纳米颗粒,它们是产生浊度值的根本原因。

饮片由于厚薄、规格的不一致,需长时间煎煮且成分溶出速率不一致,而煮散粉碎成颗粒,具有均一性、较大的比表面积和孔隙,能在较快时间内释放有效成分,亦可以使复方各成分的溶出达到同步性,是否可改变传统中药饮片先煎、后下、另煎的特殊煎煮方法,值得进一步探讨。

前期结合粉体的结构与特征及从物理化学角度阐述根及根茎类中药煮散提取液中微观成分,化学指标成分等多层次表征研究,从量(含量)和质(物质)的角度来评价研究煮散,后期应扩展到不同类

别的中药品种,以及结合药效与临床疗效深层次探讨其量-效关系。

参考文献

- [1] 杨俊杰,张振凌.中药饮片与其加工设备沿革的探讨[J].时珍国医国药,2010,21(4):925-926.
- [2] 胡晋红,王忠壮,黄爱琴.中药饮片种类及其发展[J].药学服务与研究,2004,4(3):224-226.
- [3] 仝小林,张家成,穆兰澄,等.恢复煮散,节省药材[J].中国新药杂志,2012,21(5):4-8.
- [4] 陈太平,张国强,袁靖,等.根茎类中药生药颗粒剂与传统中药材饮片的效能比较研究[J].中国医药指南,2011,9(26):328-330.
- [5] 中国药典[S].一部.2010.
- [6] 蔡光先.中药粉体工程学[M].北京:人民卫生出版社,2008.
- [7] 奚新国,张耀金.粉体流动性能的测试研究[J].盐城工学院学报:自然科学版,2003,16(1):4-7.
- [8] 杜焰,赵立杰,冯怡,等.中药粉体流动性表征方法研究[J].中国中药杂志,2012,37(5):589-593.
- [9] 张定堃,秦春风,韩丽,等.粒子设计对口腔溃疡散粉体学性质的影响[J].中国中药杂志,2013,38(3):334-340.
- [10] 完茂林,刘力,吴鸿飞,等.中药水提取液中有效成分的分散行为[J].中药材,2011,34(3):455-458.
- [11] 陈立亚,于宝珠,赵慧芳.Zeta电位及其在药学分散体系研究中的应用[J].药物分析杂志,2006,26(2):281-285.
- [12] 刘起华,文谨,章军,等.根及根茎类中药煮散与传统饮片有效成分煎出量对比研究[J].中国新药杂志,2014,23(5):95-100.
- [13] 石继连,贺福元,谢相贵,等.浅谈以比表面积量化中药饮片传统切制规格的新思路[A]//2010全国知名中医院院长暨道家文化与中医药养生论坛论文集[C].合肥:中华中医药学会,2010.
- [14] 周建武,柯李晶,邵彪,等.汤的威力:食品科学新知[J].中国食品学报,2011,11(8):9-15.