

中药饮片重金属与有害元素残留现状及防控措施

韩旭^{1,2} 骆骄阳¹ 杨美华¹ 杨世海²

(1 中国医学科学院中国协和医科大学药用植物研究所,北京,100193; 2 吉林农业大学中药材学院,长春,130118)

摘要 中药作为世界传统医学的重要组成部分,以其疗效独特、不良反应少、来源丰富等特点受到世界的青睐,然而,近年来国内外经常发生中药饮片重金属及有害元素超标的事件,严重影响了中药的名誉和信誉。针对上述问题,作者总结了影响中药重金属及有害元素污染的内外因素,并提出其解决措施,预期为中药饮片重金属及有害元素的研究和防控提供参考。

关键词 中药饮片;重金属;有害元素

The Present Situation of Chinese Herbal Pieces with Heavy Metals and Harmful Elements and the Control Measures

Han Xu^{1,2}, Luo Jiaoyang¹, Yang Meihua¹, Yang Shihai²

(1 Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100193, China; 2 College of traditional Chinese medicine, Jilin Agricultural University, Jilin 130118, China)

Abstract As an important part of traditional medicine in the world, traditional Chinese medicine (TCM) is favored by the world with its unique efficacy, low toxicity and extensive resources. However, in recent years, the heavy metals or harmful elements in Chinese herbal pieces have been detected in China and abroad, which seriously affected the reputation and credibility of traditional Chinese medicine. Accordingly, this article summarized the influence factors of heavy metals and harmful elements of TCM and proposed solutions, expecting to provide reference for the related researches and management of Chinese herbal pieces.

Key Words Chinese herbal pieces; Heavy metals; Harmful elements

中图分类号:R932 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1673-7202.2015.08.006

中药是指在中医理论指导下应用的天然药物及其制品。作为中华民族的瑰宝,中药以其疗效独特、不良反应少、来源丰富等特点,越来越受到人们的重视^[1-2],为适应市场需求,中药常常以饮片的形式销售。然而中药饮片并没有真正在国际市场上占有一席之地,甚至面临退出国际市场的尴尬困境。这很大程度上归结于中药饮片本身质量控制的诟病,发达国家对重金属及有害元素超标而形成的“贸易壁垒”已成为中药饮片出口的一大障碍^[3]。

中药饮片是天然药物经人工炮制的成品,不可避免的会受到重金属及有害元素的污染,常见的重金属及有害元素污染有铅(Pb)、镉(Cd)、砷(As)、汞(Hg)、铜(Cu)等污染。重金属及有害元素进入人体不仅可能引起机体的急性中毒,还会在人体内蓄积,引起慢性中毒^[4-5],不同的重金属及有害元素对人体的损害不同,因此,必需严格控制药材中重金属及有害元素的含量^[6-7]。在中药饮片中植物药饮片品种最多,受污染的因素也很多,且防控和净化手段都比

较复杂,最为世人关心。鉴于此,我们综述了近几年的文献,总结了植物药饮片中常见的重金属及有害元素的受污染因素,并针对其提出防控和净化措施。

1 中药饮片重金属及有害元素残留研究现状

1.1 中药饮片重金属及有害元素的检测手段

在对中药饮片中重金属及有害元素检测前,需要对样品进行前处理。前处理的方法主要有灰化法、湿解法和微波消解法等,其中微波消解法以其消解速度快,消解完全而受到广泛应用^[8]。在检测时需要仪器有较低的检出限及较好的灵敏度,现在常用的仪器主要有原子吸收光谱法(AAS)^[9]、电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-AES)^[10]、电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)^[11-12]、电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)^[13-14]等。其中,AAS以其检测费用少而得到广泛运用,但是其线性范围比较窄,而ICP-MS可以一次进样检测多种元素且线性范围宽,但其检测费用高,应根据具体实际情况选择合适的仪器。

1.2 中药饮片重金属及有害元素残留现状 韩

基金项目:2015年度中医药行业科研专项“10种含矿物药的外用制剂安全性与可控性研究”(编号:2015468004-4);“协和青年基金资助”和“中央高校基本科研业务费专项资金资助”(编号:3332015143)

作者简介:韩旭,硕士研究生,主要从事中药学研究,E-mail:15567703367@163.com

通信作者:杨美华,研究员,博士研究生导师,主要从事中药质量分析与安全性研究,Tel:(010)57833277,E-mail:yangmeihua15@hotmail.com

小丽等^[15]利用 SPSS 13.0 软件对 312 种中药材分析统计,发现 Cu、Pb、As、Cd、Hg 超标率分别为 21.0% , 12.0% ,9.7% ,28.5% ,6.9% ;秦樊鑫等^[16]检测了贵州 11 个 GAP 基地的 26 种道地药材,结果发现艾纳香和淫羊藿根受到重金属轻微污染,大部分药材没有受到污染;王枚博等^[17]利用 ICP-MS 法和 ICP-OES 法检测包括金银花在内的 10 种中药材 15 种元素,结果显示积雪草中重金属及有害元素超标;Harris 等^[18]检测了 115 种中药饮片 334 个样品中的 As、Cd、Cr、Pb、Hg 含量,统计发现 34% 的样品中含有所有的重金属及有害元素,69% 的样品不符合标准,1% 的样品中重金属及有害元素严重污染。尽管国家加大了对中药饮片的监管力度,但中药饮片受重金属及有害元素的污染状况不容乐观。

1.3 对中药饮片重金属及有害元素污染现状的反思 目前,医药界都很重视中药饮片的安全性问题,但是饮片中受重金属及有害元素超标的事件总有发生,而单一的检测-净化-检测的循环模式无法从根源上解决重金属及有害元素的污染问题。笔者认为,解决重金属及有害元素的污染问题应从源头开始,按照调查-监控-检测-净化的解决方案,从每个环节保障其不受重金属及有害元素的污染。调查重金属及有害元素污染的因素是解决重金属及有害元素污染的基础和重点。

2 影响中药饮片重金属及有害元素残留的因素

由于药用植物入药部位和地域的复杂性,决定影响这类中药饮片的因素比较复杂,比如姜黄的根茎称为姜黄,其块根称为黄丝郁金,两者具有不同的药用价值^[19],麻黄能解表发汗,麻黄根却是止汗药;河南密县、封丘县与山东平邑生产的金银花都称为道地药材,但其中的有效成分含量不同。这些药用部位的不同和地域的差异都有可能影响其重金属及有害元素的含量,同时炮制、加工、运输等程序又会造成不同程度的增加重金属及有害元素的污染,因此,应从以下几点探讨影响这类中药饮片重金属及有害元素残留的因素。

2.1 内源性因素

2.1.1 植物组织器官代谢因素 植物的各器官功能不同,对重金属及有害元素的吸收和富集也有差异,朱琳等^[20]利用原子吸收分光光度计和原子荧光光度计检测文山地区三七茎、叶和花粒等不同部位的 Pb、Cd、As、Hg 含量,结果显示,茎和花中的重金属含量相当,叶中重金属的含量相对较低;张玲等^[21-22]利用电感耦合等离子发射光谱法分别测定

白花丹参和紫花丹参茎、叶两个部位微量元素的含量,结果显示两种丹参的叶中重金属及有害元素含量均高于茎中的含量,齐永秀等^[23-24]利用原子吸收分光光度计测定两种丹参不同部位元素时也证明上述观点。说明植物的不同器官对重金属及有害元素的吸收和富集有差异,但是不同植物间这种差异并没有规律可循,这主要与植物的个体特异性有关。

2.1.2 植物个体特异性因素 不同的植物由于本身的遗传特性使其主动吸收功能和对不同重金属及有害元素的富集能力不同^[25],为能明确的观察其中的特性,笔者归纳了同一地区不同药用植物中不同重金属的含量,见表 1。

表 1 同一地区不同药用植物中不同重金属的含量

地区	药用植物	重金属元素含量(mg · kg ⁻¹)					参考文献
		Cu	Pb	Cd	Hg	As	
黔东南州	黄柏	*	8.37 [△]	0.04	0.03	0.11	[26]
	何首乌	*	6.87 [△]	0.55	0.02	1.18	
	杜仲	*	20.2 [△]	0.08	0.04	0.13	
	金银花	*	6.43 [△]	0.72	0.1	0.69	
宁夏银川	金银花	17.9	3.7 [△]	0.32	0.03	0.39	[27]
	柴胡	7.9	1.4	0.1	0.008	0.51	
	秦艽	13.5	1.5	0.09	0.006	0.79	
	黄芩	7.6	0.5	0.01	□	0.19	
浙江杭州	浙贝母	2.5195	0.8281	0.2855	*	*	[28-29]
	白术	7.7960	1.0780	0.2950	*	*	
	杭白菊	3.7067	1.3365	0.2831	*	*	
	玄参	8.0451	1.1890	8.0451	*	*	
河南卢氏	党参	*	0.925	0.0974	0.117	2.30	[30]
	桔梗	*	0.205	0.0534	0.121	1.13	
吉林敦化	党参	*	0.926	0.309	0.137	3.10	
	龙胆	*	1.34	0.412	0.119	4.21	
四川	黄芪	*	2.25	0.314	*	*	[31]
	当归	*	1.25	0.137	*	*	
甘肃	党参	*	1.50	0.130	*	*	
	羌活	*	1.25	0.090	*	*	
吉林长白山	柴胡	*	*	*	0.078	0.284	[32]
	龙胆	*	*	*	0.193	0.217	
	黄柏	*	*	*	0.056	0.062	
	黄芪	*	*	*	0.138	0.071	
	人参	*	*	*	0.028	0.145	

注: * 未检测; □ 未检测到; △ 超过国家标准。

2010 版药典规定,中药饮片中 Pb、Cd、As、Hg、Cu 的含量分别不得高于 5、3、2、0.2、20 mg/kg。由表 1 可知,同一地区不同植物对不同重金属及有害元素的富集能力不一样,受污染的程度也不一样,如在河南卢氏采挖的党参和桔梗,党参的 As 含量超标而桔梗的 As 含量没有超标,在吉林敦化采挖的党参的 As 含量也超标,这说明党参对 As 的吸收和富集能力强于桔梗;同在黔东南州采挖的杜仲 Pb 含量明显高于其他药用植物;同在宁夏银川采挖的药用植物中,金银花中 Cu 的含量明显高于其他药用植物。转换角度看,在不同地区采挖的龙胆中,吉林敦化药材

中的 As 含量明显高于药典规定,但在吉林长白山自然保护区采挖的龙胆药材中 As 含量很低,说明不同地域环境对药用植物中重金属含量也有很大影响。

2.1.3 地域环境因素 我国幅员辽阔,不同地域土壤、水分、大气中的重金属含量不同,植物个体在不同环境下对重金属及有害元素的吸收和富集能力有所不同,表 2 总结了几种常见的不同地区采挖的药用植物中重金属的含量。

表 2 同一药用植物中不同地区的不同重金属含量							
药用植物	地区	重金属元素含量(mg·kg ⁻¹)					参考文献
		Cu	Pb	Cd	Hg	As	
金银花	山东平邑	*	0.327	0.088	0.078	0.120	[33-34]
	河南密县	*	0.210	0.124	0.147	0.241	
	湖南新化	*	0.981	0.056	0.258	0.364	
	重庆酉阳	0.261	0.562	0.037	0.044	1.222	
	重庆武隆	0.241	1.176	0.046	0.043	1.715	[35]
	重庆南川	0.318	1.453	0.017	0.035	1.533	
	重庆江津	0.364	0.876	0.052	0.045	1.429	
	甘肃	10.85	0.007	0.007	*	0.120	
黄芪	内蒙古	9.27	0.042	0.016	*	0.077	[36]
	安徽	10.20	□	□	*	0.082	
	云南马关县	2.715	0.392	0.112	*	3.215	
	云南文山县	9.131	3.364	0.371	*	2.238	
红花	广西百色	8.993	1.318	0.281	*	3.036	[37]
	云南昆明	6.988	1.584	0.351	*	0.773	
	新疆塔城	12.4	0.16	0.03	□	□	
	新疆和田	22.0	0.78	0.028	□	0.27	
	新疆伊犁	14.8	0.28	0.018	□	0.066	
葛根	新疆喀什	19.6	0.44	0.044	□	0.29	[38]
	江西	*	3.7	0.14	0.04	0.5	
	湖南	*	2.1	0.31	0.023	0.57	
	广西	*	0.73	0.17	0.016	0.14	
	安徽	*	1.9	0.28	0.03	0.30	
党参	浙江	*	1.4	0.42	0.032	0.21	[39]
	甘肃武山	*	0.38	0.019	0.017	0.58	
	甘肃宕昌	*	0.32	0.011	0.013	0.25	
	四川平武	*	0.33	0.008	0.015	0.23	
重楼	山西潞党	*	0.39	0.019	0.018	0.71	[40]
	大理宾居镇	*	1.6390	0.1923	0.0015	0.8227	
	大理喜州镇	*	0.4881	0.0003	0.0019	0.8905	
	大理漕涧镇	*	0.5717	0.0110	0.0014	0.9053	
	大理鸡足山	*	2.7247	0.0114	0.0044	0.7121	
两面针	广西上思	*	3.16	1.96	□	□	[41]
	广西武鸣	*	1.01	1.19	□	□	
	广西钦州	*	2.09	1.21	□	□	
	广西南宁	*	3.65	0.35	□	□	

注: * 未检测; □ 未检测到; △ 超过国家标准。

综合表 1 与表 2,重庆区域的金银花中 Cu 含量很低,而宁夏银川的金银花中 Cu 含量很高,这似乎说明区域因素较大程度的影响了药用植物对重金属及有害元素的吸收和富集,且区域跨度越大,重金属及有害元素的含量差异越大,反之越小。区域之间影响药用植物中重金属及有害元素的含量可能与土壤中重金属及有害元素的含量有关。为了探究两者的关系,表 3 总结了几个种植产地土壤与药用植物中重金属及有害元素的含量关系。

表 3 同一地区药用植物与土壤中重金属含量							
地区	样品	重金属元素含量(mg·kg ⁻¹)					参考文献
		Cu	Pb	Cd	Hg	As	
贵州雷山	土壤	34.5	23.6	0.75△	0.26	6.8	[16,42]
	药材	18.1	0.26	0.26	0.076	0.308	
贵州雷山	土壤	34.5	23.6	0.751△	0.26	6.82	[43]
	淫羊藿	18.1	0.263	0.263	0.076	0.308	
贵州惠水	土壤	48.4	36.4	0.50△	0.30	32.3	[44]
	药材	27.6	0.41	0.56	0.049	0.065	
土默特右旗	土壤	32.9	25.3	0.093	□	0.83	[45]
	黄芪	14.6	0.78	□	□	0.78	
亳州十八里镇	土壤	20.002	30.971	0.126	0.065	9.671	[46]
	杭白菊	7.959	0.672	0.108	0.007	0.014	
安徽庐江	土壤	12.943	□	0.001	0.003	1.008	[47]
	夏枯草	7.722	3.953	0.190	□	0.355	
江苏洪泽	土壤	18.655	3.443	0.002	0.141	3.701	[48]
	夏枯草	6.756	1.558	0.111	0.102	□	
河南镇平	土壤	22.66	27.54	0.15	0.09	1.33	[49]
	大黄	3.2	0.24	0.06	0.01	0.93	
岷江乡	土壤	3.5	0.52	0.04	0.1	0.48	[50]
	大黄	29.87	22.22	0.30	0.09	3.24	
成都市双流县	土壤	48.82	62.77△	11.58△	*	*	[51]
	姜黄	7.59	3.49	2.69	*	*	
	黄丝郁金	3.90	16.39△	3.70△	*	*	[52]
	国家环境土壤质量标准	<80	<50	<0.40	<0.4	<25	

注: * 未检测; □ 未检测到; △ 超过国家标准。

由表可以看出很多种植基地都符合国家环境土壤质量标准,且其种植的药用植物中重金属及有害元素的含量都低于药典规定的含量。例如:成都市双流县基地的 Pb 含量超标,对应其药用植物的含量也超过药典规定。目前已有文献报道种植地区因土壤被 As 污染,而导致田七中 As 含量超标的事件^[48]。由此可知,药用植物中重金属及有害元素的含量与土壤中重金属及有害元素的含量成正相关,控制种植地土壤中重金属及有害元素含量能有效的减少药用植物中重金属及有害元素的含量。

2.2 外源性因素 药用植物需要经过炮制加工、运输等过程后成为中药饮片,在这期间很容易引起重金属及有害元素的污染^[49]。

2.2.1 炮制因素 为了使药材能长时间储藏或防止其霉变,往往要对其进行炮制处理。硫磺熏蒸法由于其成本低,操作简便,成为基层首选的中药材加工方法^[50]。然而金银花经硫磺熏蒸后,其中的硫(S)、铝(Al)、铬(Cr)、Cu 含量都有所增加^[51-52];当归经硫磺熏蒸后 As 含量升高约 62%,Pb 含量升高约 30%^[53-54];白芍经硫磺熏蒸后增加了 As 和 Hg 的残留,Cd 含量有明显增加^[55]。毛春芹等^[56]认为从中药材的“安全”原则来看,硫磺熏蒸缺点远大于优点,应当利用冷冻干燥、微波干燥、高压电场干燥等现代加工技术取代硫磺熏蒸法。

2.2.2 储藏和运输因素 中药饮片在储藏时,为防

止虫害、发霉等问题,会喷洒仓储熏蒸剂和防护剂,这些药剂含有大量的重金属及有害元素^[25],以及在运输过程中,由于不合理包装等人为因素都会增加中药饮片重金属及有害元素的含量。

3 中药饮片重金属及有害元素的防控和净化

经过对以上影响中药饮片重金属及有害元素残留因素的分析,防控措施才能有针对性的合理的实施,按照标准程序控制中药材基地条件,药材质量才能得到保障,同时净化措施能除去重金属及有害元素的残留^[57],使中药饮片质量符合国家和国际标准。

3.1 防止或减少中药饮片重金属及有害元素残留 为防止中药饮片受重金属及有害元素的污染,防控措施应从每个环节着手,主要在以下 3 个过程防控:1)药用植物的种植过程,生产最基本的因素是土壤,土壤不受污染是保证中药材产量和质量的重要途径^[58],大力推行符合 GAP 要求的中药材种植基地,严格控制基地的土壤、水分中重金属及有害元素的含量是保障中药材不受重金属及有害元素污染的重要条件。同时应该深入研究单味植物药的特性,若能发现单味植物药特异性吸收和富集某一种或几种重金属及有害元素,就能为其科学管理提供依据。2)炮制过程,利用现代加工技术取代传统的硫磺熏蒸法,减少防腐剂和干燥剂等试剂的使用,防止中药材的二次污染。3)储藏和运输过程,按照药典规范储藏,尽量减少储藏和运输程序,降低人为因素对其造成的污染。

3.2 净化中药饮片重金属及有害元素残留 由于药用植物的种植、生产、炮制涉及很多环节^[59],完全从源头控制重金属的难度较大,中药饮片中仍然会出现重金属及有害元素超标的问题。找到快速便捷、适合大规模去除中药中重金属及有害元素的方法^[60]是解决这个问题的关键。目前主要的净化手段有高速离心法^[61-62]、大孔螯合树脂去除法^[63]、吸附澄清法^[64]、超临界 CO₂ 配合萃取法^[64-66]等。目前应用最广泛的方法是超临界 CO₂ 配合萃取法^[67],文震等^[68]利用超临界 CO₂ 配合萃取法对巴戟天进行重金属的净化,其 Cu、Pb、As 的脱除率达 60% 以上;党志等^[69]利用超临界 CO₂ 配合萃取法有效降低了广藿香中 Cu、Pb、Zn 的含量。净化技术不仅能使受污染的中药饮片中重金属及有害元素的含量达到国家要求,而且对其有效成分的损失很少^[70-71]。

4 总结

中药饮片重金属及有害元素含量超标是其走

向国际化道路的主要障碍,国内对这方面的研究从未停滞,但依然常有重金属及有害元素超标事件的发生。鉴于此,笔者认为对重金属及有害元素污染问题应注重其防控,兼顾其净化,从中药饮片生产的各个环节研究其污染因素,从而为其防控提供依据,对每个环节严格监控,就有可能从根源上控制重金属及有害元素的污染。

对于污染因素的研究,不仅要综合考虑地域、水质、大气等因素,还应该从植物本身入手,深入研究单味植物药的特性,观察其是否特异性吸收和富集某一或几种重金属及有害元素,然后严格控制其环境条件。目前,对单味植物药重金属及有害元素污染的研究还不够深入,从不同地域、不同炮制手段等因素研究单味植物药的文献较少,应该是以后研究的重点。

参考文献

- [1] Li S, Fang Y, Ning H, et al. Heavy metals in Chinese therapeutic foods and herbs[J]. J Chem Soc Pak, 2012, 34(5): 1091.
- [2] Rasdi F L M, Bakar N K A, Mohamad S. A comparative study of selected trace element content in Malay and Chinese traditional herbal medicine (THM) using an inductively coupled plasma-mass spectrometer (ICP-MS) [J]. Int J Mol Sci. 2013, 14(2): 3078-3093.
- [3] 洪薇, 赵静, 李绍平. 中药重金属限量控制现状与对策[J]. 药物分析杂志, 2007, 27(11): 1849-1853.
- [4] He B, Yun Z J, Shi J B, et al. Research progress of heavy metal pollution in China: Sources, analytical methods, status, and toxicity [J]. Chin Sci Bull, 2013, 58(2): 134-140.
- [5] Turkez H, Geyikoglu F, Tatar A, et al. The effects of some boron compounds against heavy metal toxicity in human blood [J]. Exp Toxicol Pathol, 2012, 64(1): 93-101.
- [6] Street R A. Heavy metals in medicinal plant products—an African perspective [J]. S Afr J Bot, 2012, 82: 67-74.
- [7] Ting A, Chow Y, Tan W. Microbial and heavy metal contamination in commonly consumed traditional Chinese herbal medicines [J]. J Tradit Chin Med, 2013, 33(1): 119-124.
- [8] Dou L L, Xu W L. Determination of 14 Elements in the Body Fluid and Hair of Lung Cancer Patients by Microwave Digestion with ICP-MS [J]. Chin J Lung Cancer, 2010, 13(8): 817-820.
- [9] 姜吉刚. 火焰原子吸收光谱法分析中草药续断中铜、铁、镉和锌的形态 [J]. 理化检验 (化学分册), 2013, 49(9): 1086-1088.
- [10] 商云帅, 王东, 王峰, 等. 氢化物发生-原子荧光光谱法测定鹿茸中的总砷 [J]. 分析试验室, 2014, 33(12): 1386-1388.
- [11] Zhang S B, Ji X W, Liu C P. Study on multi-elements in traditional Chinese medicines ophiopogon japonicus and lotus seeds by the ICP-AES with microwave digestion [C]. Adv Mater Res, 2012, 535: 1126-1132.
- [12] Qing-hua Y, Qing W, Xiao-qin M. Determination of major and trace elements in six herbal drugs for relieving heat and toxicity by ICP-AES with microwave digestion [J]. J Saudi Chem Soc, 2012, 16(3):

- 287-290.
- [13] Rasdi F L M, Bakar N K A, Mohamad S. A comparative study of selected trace element content in Malay and Chinese traditional herbal medicine (THM) using an inductively coupled plasma-mass spectrometer (ICP-MS) [J]. *Int J Mol Sci*, 2013, 14(2): 3078-3093.
- [14] Filipiak-Szok A, Kurzawa M, Szlyk E. Determination of toxic metals by ICP-MS in Asiatic and European medicinal plants and dietary supplements [J]. *J Trace Elem Med Bio*, 2015, 30: 54-58.
- [15] 韩小丽, 张小波, 郭兰萍, 等. 中药材重金属污染现状的统计分析 [J]. *中国中药杂志*, 2008, 33(18): 2041-2048.
- [16] 秦樊鑫, 胡继伟, 张明时, 等. 贵州省 GAP 基地 26 种中药材重金属含量调查与评价 [J]. *中成药*, 2007, 9(10): 1483-1487.
- [17] 王枚博, 夏晶, 王欣美, 等. 金银花等 10 种中药材中 15 种无机元素分布规律及其相关性研究 [J]. *中国药理学杂志*, 2012, 47(8): 620-625.
- [18] Harris E S J, Cao S, Littlefield B A, et al. Heavy metal and pesticide content in commonly prescribed individual raw Chinese Herbal Medicines [J]. *Sci Total Environ*, 2011, 409(20): 4297-4305.
- [19] 王颖, 陈勇, 杨敏, 等. 姜黄与黄丝郁金药性差异的实验研究 [J]. *四川中医*, 2009, 27(7): 53-55.
- [20] 朱琳, 周家明, 曾鸿超, 等. 三七茎叶和花的重金属含量分析 [J]. *现代中药研究与实践*, 2010, 24(2): 70-71.
- [21] 张玲, 蔡洪信, 夏作理. 白花丹参和紫花丹参茎叶微量元素含量分析比较 [J]. *中国现代中药*, 2008, 10(1): 20-22.
- [22] 张玲, 韩海军, 夏作理. 紫花丹参不同部位微量元素含量的分析比较 [J]. *海峡药学*, 2008, 20(5): 46-48.
- [23] 齐永秀, 杨志孝, 郝志勇, 等. 紫花丹参不同部位微量元素含量的分析比较 [J]. *中国中医药科技*, 2004, 11(1): 39-40.
- [24] 齐永秀, 高允生, 夏作理, 等. 白花丹参不同部位微量元素分析比较 [J]. *微量元素与健康研究*, 2004, 21(1): 20-22.
- [25] 王倩. 药用植物重金属含量统计分析及测定研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2014.
- [26] 杨春, 成红砚, 杨金笛. 黔东南州 9 种中药材重金属污染评价 [J]. *贵州农业科学*, 2010, 38(4): 231-234.
- [27] 王坤, 马玲, 陈佩, 等. 宁夏栽培金银花、柴胡、秦艽、黄芩、苦豆子重金属与农药残留的比较 [J]. *宁夏医学杂志*, 2011, 33(4): 326-327.
- [28] 黄卫平, 金锋, 谭玉凤. “浙八味”药材中重金属铅、镉、铜含量分析 [J]. *广东微量元素科学*, 2008, 15(2): 52-55.
- [29] 黄卫平, 唐红芳, 金锋, 等. “浙八味”药材重金属和有机氯农药残留分析 [J]. *中华中医药学刊*, 2013, 31(3): 624-627.
- [30] 温慧敏, 陈晓辉, 董婷霞, 等. ICP-MS 法测定 4 种中药材中重金属含量 [J]. *中国中药杂志*, 2006, 31(16): 1314-1317.
- [31] 雷泞非, 彭书明, 李凇, 等. 6 种常见中草药中重金属元素铅与镉的测定 [J]. *时珍国医国药*, 2008, 19(3): 565-566.
- [32] 沈晓君. 人参等七种吉林省道地药材中重金属及有害元素检测技术标准研究 [D]. 长春: 长春中医药大学, 2010.
- [33] 杨志文, 杨木华, 夏侯国论. 金银花中微量铅、镉、汞、砷的测定 [J]. *理化检验 (化学分册)*, 2009, 45(3): 301-302.
- [34] 操武能, 黎晓敏, 马金花, 等. 重庆道地金银花中的重金属含量研究 [J]. *西南师范大学学报: 自然科学版*, 2011, 36(1): 129-133.
- [35] 白研, 林泽庆, 黄风芳, 等. 不同产地几种中药材中重金属含量测定及砷的形态分析 [J]. *光谱实验室*, 2011, 28(2): 792-796.
- [36] 赵静, 刘勇, 张艾华, 等. 不同产地三七中重金属元素的含量测定及分析 [J]. *中国中药杂志*, 2014, 39(20): 4001-4006.
- [37] 王磊, 谭勇, 王恒, 等. 新疆不同产地红花中微量元素及重金属含量分析 [J]. *微量元素与健康研究*, 2010, 27(6): 22-23, 35.
- [38] 钟凌云, 潘亮亮, 马冰洁, 等. ICP-MS 法测定 10 个产地葛根中 6 种重金属 [J]. *中成药*, 2014, 36(6): 1264-1267.
- [39] 孙宇靖, 王亚丽, 赵生国, 等. 不同产地党参药材中的重金属及砷的含量测定 [J]. *时珍国医国药*, 2011, 22(10): 2336-2338.
- [40] 邹亮, 周浓, 杨颖, 等. 不同产地滇重楼中重金属含量的湿法消解-原子荧光光度法测定 [J]. *时珍国医国药*, 2010, 21(4): 1014-1015.
- [41] 王冬梅, 冯洁, 覃富景, 等. ICP-AES 法测定 12 个产地两面针药材中重金属元素的含量 [J]. *中药材*, 2012, 35(3): 366-368.
- [42] 张丹. 贵州主要药材基地土壤及中药材重金属污染状况调查研究 [D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2006.
- [43] 靳敏, 梁青青, 孟佩俊, 等. 蒙古黄芪种植土壤及药材中农药残留分析 [J]. *内蒙古中医药*, 2014, 38(3): 128-129.
- [44] 丁艳萍. 安徽省主要中药材及其产地土壤重金属调查与评价 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2013.
- [45] 陈宇航, 郭巧生, 张贤秀, 等. 夏枯草药材和种植土壤中农药及重金属残留分析 [J]. *植物资源与环境学报*, 2012, 21(2): 60-63.
- [46] 王珺, 方成武, 金琰琰, 等. 松潘地产大黄及其种植土壤有机氯农药和重金属分析 [J]. *现代中药研究与实践*, 2014, 28(6): 11-15, 6.
- [47] 周亚文, 刘璐, 何越, 等. 姜黄各药用部位对土壤中重金属的富集能力分析 [J]. *科技通报*, 2015, 31(3): 254-257.
- [48] Yan X L, Lin L Y, Liao X Y, et al. Arsenic accumulation and resistance mechanism in *Panax notoginseng*, a traditional rare medicinal herb [J]. *Chemosphere*, 2012, 87(1): 31-36.
- [49] Mruthumjaya M R, Ajay K M, Galib. Detection of toxic heavy metals and pesticide residue in herbal plants which are commonly used in the herbal formulations [J]. *Environ Monit Assess*, 2011, 181: 267 - 271.
- [50] 陆兔林, 单鑫, 李林, 等. 中药材硫磺熏蒸及其现代加工技术研究进展 [J]. *中国中药杂志*, 2014, 39(15): 2791-2795.
- [51] 刘晓, 马晓青, 蔡皓, 等. ICP-AES 法检测硫磺熏蒸前后金银花中金属元素及微量元素 [J]. *中成药*, 2012, 34(2): 293-296.
- [52] 马晓青, 蔡皓, 刘晓, 等. 硫磺熏蒸前后中药菊花中金属元素及微量元素的 ICP-AES 检测 [J]. *药物分析杂志*, 2011, 31(6): 1031-1034.
- [53] 娄雅静, 蔡皓, 陈逸珏, 等. 微波消解-ICP-AES 法分析测定当归与硫磺熏蒸当归中重金属、硫和微量元素 [J]. *中国新药杂志*, 2013, 22(6): 719-722, 727.
- [54] 蔡皓, 娄雅静, 陈逸珏, 等. 微波消解-ICP-AES 法分析测定硫磺熏蒸前后当归中重金属、硫和微量元素 [A]. 中华中医药学会中药炮制分会. 中华中医药学会中药炮制分会 2011 年学术年会论文集 [C]. 中华中医药学会中药炮制分会, 2011: 6.
- [55] 刘静静, 蔡皓, 刘晓, 等. ICP-AES 法分析硫磺熏蒸前后白芍中有害重金属、硫及主要微量元素的变化 [J]. *中国中药杂志*, 2011, 36(13): 1790-1793.

的作用。实验结果表明,姜黄挥发油脂质体能有效抗黄曲霉菌,最小抑菌浓度为 2.0 mL/25 mL 培养基。脂质体的稳定性要优于姜黄挥发油加入增溶剂后的乳浊液,其两亲性的特性更有助于姜黄挥发油脂质体应用于实际中。

参考文献

- [1] 陈丽惠,洪超,蔡伟鹏. 市售食品中黄曲霉毒素 B₁、B₂、G₁、G₂ 污染情况分析[J]. 中国卫生检验杂志,2015,25(8):1234-1236.
- [2] 周妍,闻胜,刘潇,等. 食品中化学污染物风险评估研究进展[J]. 食品安全质量检测学报,2014,5(6):1868-1875.
- [3] 杨美华. 药用植物及其产品中真菌及真菌毒素污染研究进展[J]. 贵州农业科学,2008,36(6):59-63.
- [4] 宋美芳,张忠廉,李学兰. 3 种云南主产中药材上污染真菌在贮藏过程中的变化[J]. 时珍国医国药,2015,26(4):955-957.
- [5] 宋美芳,陈娟,李学兰,等. 云南地区三七和草果上真菌污染的初步分析[J]. 中国中药杂志,2012,37(12):1734-1737.
- [6] Kano R KE, Tateishi A, Murayama SY, et al. Does farm fungicide use induce azole resistance in *Aspergillus fumigatus* [J]. Medical Mycology, 2015, 53(2):174-177.
- [7] 李红玲,高微微. 植物挥发油对黄曲霉毒素产生菌及其毒素合成的影响[J]. 中国食品卫生杂志,2012,24(6):590-595.
- [8] Flavio Dias Ferreira, Carlos Kemmelmeier, Carla Cristina Arrotéia, et al. Inhibitory effect of the essential oil of *Curcuma longa* L. and curcumin on aflatoxin production by *Aspergillus flavus* Link [J]. Food Chemistry, 2013, 136(2):789-793.
- [9] 施峰,赵继会,郭腾,等. 中药挥发油纳米给药系统的研究进展

[J]. 中国药房,2013,24(15):1429-1430.

- [10] 潘振中,崔博,崔海信,等. 农药纳米混悬剂及其制备方法探析[J]. 农药学报,2014,16(6):635-643.
- [11] Yichen Hu, Weijun Kong, Xihui Yang, et al. GC - MS combined with chemometric techniques for the quality control and original discrimination of *Curcuma longa* rhizome: Analysis of essential oils [J]. Journal of Separation Science, 2014, 37:404-411.
- [12] Yichen Hu, Jiaoyang Luo, Weijun Kong, et al. Uncovering the anti-fungal components from turmeric (*Curcuma longa* L.) essential oil as *Aspergillus flavus* fumigants by partial least squares [J]. RSC Advances, 2015, 5:41967-41976.
- [13] 刘让如. 乳香挥发油肝靶向脂质体的制备及药效学研究[D]. 长沙:中南大学,2007.
- [14] 曹宁宁,姜菲,刘金鹏. 脂质体的制备方法及研究进展[J]. 天津理工学院学报,2003,19(1):30-34.
- [15] Yichen Hu, Weijun Kong, Jiaoyang Luo, et al. Dynamic variation of bioactive compounds and aflatoxins in contaminated *Radix Astragali* during extraction process [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2015. doi:10.1002/jsfa.7257.
- [16] 郭海燕,莫穗林. 脂质体物理稳定性和包封率的影响因素[J]. 中国新药杂志,2004,13(6):498-501.
- [17] Bilia AR, Guccione C, Isacchi B, et al. Essential oils loaded in nano-systems: a developing strategy for a successful therapeutic approach [J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2014:651593.

(2015-06-29 收稿 责任编辑:洪志强)

(上接第 1156 页)

- [56] 毛春芹,季琳,陆兔林,等. 中药材硫磺熏蒸后有害物质及其危害研究进展[J]. 中国中药杂志,2014,39(15):2801-2806.
- [57] Nand V, Maata M, Koshy K, et al. Water purification using moringa-leifera and other locally available seeds in Fiji for Heavy metal removal [J]. Int J Appl Sci Technol, 2012, 2(5):125-129.
- [58] 孟萌,陈涛,李进. 浅谈中药材中重金属的污染与防治[J]. 时珍国医国药,2009,20(5):1219-1220.
- [59] Kunle O F, Egharevba H O, Ahmadu P O. Standardization of herbal medicines-A review [J]. Int J Biodivers Conserv, 2012, 4(3):101-112.
- [60] 梁启超,李荣辉,刘爽. 降低中药中重金属含量方法的研究进展[J]. 微量元素与健康研究,2012,29(2):48-50.
- [61] Zhang H, Luo Y, Makino T, et al. The heavy metal partition in size-fractions of the fine particles in agricultural soils contaminated by waste water and smelter dust [J]. J Hazard Mater, 2013, 248:303-312.
- [62] Shi J, Abid A D, Kennedy I M, et al. To duckweeds (*Landoltia punctata*), nanoparticulate copper oxide is more inhibitory than the soluble copper in the bulk solution [J]. Environ Pollut, 2011, 159(5):1277-1282.

- [63] 王先良,王小利,徐顺清. 大孔螯合树脂可用于处理中药重金属污染[J]. 中成药,2005,27(12):1376-1379.
- [64] 王冬,关宏峰,刘晓秋. 中药中重金属和残留农药去除方法研究进展[J]. 沈阳药科大学学报,2009,26(2):152-156.
- [65] 梁成满,黄少烈,李琼. 超临界 CO₂ 配合萃取中药中重金属的研究进展[J]. 化工进展,2005,24(6):607-611.
- [66] 李琼,梁成满,吴婷. 超临界 CO₂ 萃取法去除橘红中重金属 Cu、As、Pb 的研究[J]. 中草药,2006,37(6):1005-1008.
- [67] 张楠楠,李巧遇,杨凌宇,等. 超临界 CO₂ 配合萃取技术去除中药中重金属研究进展[J]. 亚太传统医药,2011,7(1):147-149.
- [68] 文震,刘波,郑宗坤,等. 超临界 CO₂ 配合萃取巴戟天中的有害元素[J]. 化学工程,2009,37(7):1-3,8.
- [69] 党志,朱志鑫,文震,等. 超临界 CO₂ 配合萃取中药广霍香中的重金属[J]. 华南理工大学学报:自然科学版,2005,33(6):59-62.
- [70] 魏继新,张立国,倪力军. 两种螯合树脂用于板蓝根提取液脱重金属的比较[J]. 中药新药与临床药理,2007,18(2):139-141.
- [71] 郭石. 中药铜铅镉含量测定与无机离子树脂驱除技术研究[D]. 郑州:河南大学,2011.

(2015-06-29 收稿 责任编辑:洪志强)