·综述·

牡丹皮采收加工方法和质量控制研究进展Δ

刘　洋*，郭庆梅#，宋艳梅（山东中医药大学药学院，济南　250355）

中图分类号　R943.1；R917　　**文献标志码**　A　　**文章编号**　1001-0408（2022）23-2940-05
DOI　10.6039/j.issn.1001-0408.2022.23.24

摘　要　牡丹皮为常用大宗药材，在我国有两千多年的药用历史。本研究系统总结了牡丹皮的采收期与生长年限，产地加工过程中涉及的刮皮、抽心、趁鲜切制、硫磺熏蒸、干燥和贮存，以及商品规格等级、质量控制方法等方面的研究概况。结果显示，牡丹皮一般种植5～6年后在秋季的晴天采收为宜；连丹皮的整体质量优于刮丹皮，故建议牡丹皮加工过程中可不刮皮而只抽心；牡丹皮趁鲜切制较为适宜，可避免饮片中有效成分在中间流通环节因贮存时间久而造成损失；牡丹皮趁鲜切制后宜采用远红外、避光、真空包装等适当的方法干燥、贮藏，可最大程度地保存药效；硫磺熏蒸不仅影响牡丹皮的质量，且极易导致二氧化硫超标，故在产地加工过程中不建议对牡丹皮进行硫熏处理；牡丹皮可分为凤丹皮、连丹皮、刮丹皮3种规格，根据其长度和直径可划分为4个等级。目前已有多种方法（高效液相色谱法、气相色谱-质谱法等）用于牡丹皮质量控制研究，但是否能反映牡丹皮的整体质量还需更深入的研究和探讨。牡丹皮是否刮皮应结合其他相关因素（如临床药效、农药残留及重金属含量等）综合考虑，其趁鲜切制的工艺参数仍需进一步优化。

关键词　牡丹皮；采收；加工；质量控制

Research progress on harvesting and processing methods and quality control of Moutan Cortex

LIU Yang, GUO Qingmei, SONG Yanmei (College of Pharmacy, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China)

ABSTRACT　Moutan Cortex, a common bulk traditional Chinese medicine, has a long medicinal history of more than 2 000 years. This study systematically summarizes the research overview of Moutan Cortex in the term of harvest time and growth years, and peeling, heart pumping, cutting while fresh, sulfur fumigation, drying and storage involved in the processing in producing area, as well as commodity specifications and grades, quality control methods. The results show that it is suitable to harvest Moutan Cortex on sunny days in autumn after 5-6 years of planting. The overall quality of Moutan Cortex retained cork is better than that of Moutan Cortex removed cork. It is recommended that the processing of Moutan Cortex may be considered to retain cork but remove xylem. It is more suitable to cut Moutan Cortex when it is fresh, in order to avoid the loss of the active ingredients due to the long storage time in the middle circulation. The fresh-cut pieces of Moutan Cortex can be dried and stored by the appropriate methods such as far-infrared drying, avoiding light and vacuum packing, which can preserve the efficacy to the greatest extent. Sulfur fumigation treatment not only affects the quality of Moutan Cortex, but also easily leads to excessive sulfur dioxide. It is not recommended to use the method of sulfur fumigation in the processing of Moutan Cortex in the production area. Moutan Cortex can be divided into three specifications: Fengdan, Liandan and Guadan, which are divided into four grades according to their length and diameter. At present, many methods (HPLC, GC-MS) have been used for quality control of Moutan Cortex, but whether they can reflect the overall quality of Moutan Cortex needs further research and discussion. Whether the Moutan Cortex is scraped should be considered in combination with other relevant factors (such as clinical efficacy, pesticide residues and heavy metal content), and the process parameters of fresh-cut Moutan Cortex still need to be further optimized.

KEYWORDS　Moutan Cortex; harvesting; processing; quality control

牡丹皮为毛茛科植物牡丹 *Paeonia suffruticosa* Andr.的干燥根皮，味苦、辛，微寒，归心、肝、肾经，具有清热凉血、活血化瘀的功效，临床上多用于治疗热入营血、温毒发斑、吐血衄血、夜热早凉、无汗骨蒸、经闭痛经、跌扑伤痛、臃肿疮毒等症[1]。据相关文献报道，牡丹皮化学成分复杂，主要含有酚及酚苷类、单萜及其苷类、三萜类、甾醇及其苷类、黄酮类成分，另外还含有大量的挥发油及微量元素[2-6]。牡丹皮为常用大宗药材，在我国有两千多年的药用历史，主产于安徽、重庆、山东、河南等地，其中以安徽铜陵和南陵所产的药材为道地药材[7]。

Δ**基金项目**　山东省自然科学基金资助项目（No.ZR2021MH123）

＊**第一作者**　硕士研究生。研究方向：中药质量分析与资源开发。E-mail：liuyang95315@163.com

#**通信作者**　教授，博士生导师，博士。研究方向：中药质量分析与资源开发。E-mail：qmguo@sina.com

近年来，市场上牡丹皮药材质量参差不齐，为确保牡丹皮药材的质量稳定性和用药安全性，相关研究者系统深入地探究了牡丹皮的产地加工方法和质量控制方法。基于此，笔者对牡丹皮药材的采收期与生长年限，产地加工过程中涉及的刮皮、抽心、趁鲜切制、硫磺熏蒸、干燥和贮存，以及商品规格等级、质量控制方法等研究概况进行归纳总结，并探究行之有效的改进方式和对策，以期为规范牡丹皮的采收加工方法和质量控制提供参考。

1 牡丹皮采收期与生长年限研究

在不同生长发育阶段，植物所含的化学成分种类与含量各有差异，因此，采收期与生长年限不同，将直接影响药材的质量和产量。胡煜雯等[8]同时测定了安徽南陵地区不同采收期和生长年限的凤丹皮（牡丹皮的主流品种）中丹皮酚和没食子酸的含量，结果显示，不同采收期的凤丹皮中两种药效成分的含量有显著差异，以9、10月份采收样品的含量相对较高，以5、6年生样品的含量相对较高。张晓梅[9]测定了山东菏泽地区不同采收期的牡丹皮中丹皮酚的含量，结果显示，3－6月和11－12月采收的牡丹皮中丹皮酚含量较高，由此推断，牡丹皮采收的最佳时期是花期或初冬。张洪坤等[10]测定了安徽亳州地区牡丹皮中8种指标性成分（丹皮酚、芍药苷、氧化芍药苷、苯甲酰芍药苷、没食子酸、儿茶素、苯甲酸和浸出物）的含量，结果表明，牡丹皮在不同时期采收其有效成分和浸出物含量具有显著差异，6年生牡丹皮的有效成分含量最高，同一生长年限8－10月采收期样品的有效成分含量较高。据研究报道，牡丹皮中丹皮酚含量的累积在一年中出现两个高峰期（5－6月和9－10月），5－6月正值牡丹皮生长发育最旺盛时期，根皮内丹皮酚的合成加快，含量增加，但春夏两季雨水较多，药材不易干燥，不适宜采收；8－10月牡丹皮的地上部分凋谢，根系贮存的营养物质最为丰富，有效成分含量也相对较高，此时采挖的牡丹皮形体饱满、品质优良、药用价值最高[10]。由此可知，牡丹皮一般种植5～6年后在秋季的晴天采收为宜，这与牡丹皮药材传统采收习惯一致。

2 牡丹皮产地加工方法研究

2.1 刮皮抽心

2020年版《中国药典》（一部）收载的牡丹皮加工方法为：秋季采挖根部，除去细根和泥沙，剥取根皮，晒干；或刮去粗皮，除去木心，晒干[1]。前者习称“连丹皮”，后者习称“刮丹皮”。凤丹皮主产于安徽铜陵、南陵，为传统道地药材，其一般不刮皮、不熏硫，抽心率可达100%[11]。

刮丹皮、连丹皮的说法是近代才有的，清代以前的本草文献中均未记载牡丹皮加工需要刮去栓皮。张洪坤等[12]测定了不同加工方式（留皮留心、留皮去心、去皮留心、去皮去心）牡丹皮药材或鲜切片中丹皮酚、芍药苷、没食子酸等7种指标性成分的含量，结果表明，牡丹皮质量高低排序依次为：留皮留心药材＞去皮去心药材＞留皮去心鲜切片＞留皮去心药材＞留皮留心鲜切片＞去皮留心药材＞去皮留心鲜切片＞去皮去心鲜切片。因此，该研究者建议在产地加工时保留牡丹皮栓皮部，采用留皮去心药材/鲜切片的加工方法。范旭航等[13]测定了不同产地不同部位牡丹皮中6种活性成分（丹皮酚、芍药苷、苯甲酰芍药苷、苯甲酰氧化芍药苷、苯甲酸和没食子酸）的含量，结果发现，连丹皮的整体质量优于刮丹皮，且栓皮中各活性成分含量均较高，其中以有效成分芍药苷含量差异最为明显——栓皮中芍药苷含量最多可高于刮丹皮近4倍，高于连丹皮近2.5倍；而丹皮酚含量在牡丹皮各部位中均较高，且其在连丹皮中的含量高于刮丹皮。因此，该研究者建议牡丹皮加工过程中可以不刮掉栓皮。

《本草经集注》云“色赤者为好，用之去心”，首次提出牡丹皮的去心加工方法。牡丹皮在实际加工过程中，完全抽去木心很难实现。牡丹皮的直径大小对抽心率有一定影响，直径大的容易抽心，市场价也较高。周立艳等[14]测定了牡丹皮栓皮部、韧皮部和木质部各占总质量的比例分别为8.14%、81.42%、10.44%，同时通过比较牡丹皮不同部位中丹皮酚的含量发现，栓皮部中丹皮酚含量约为韧皮部的2倍，不同粗细的木质部中丹皮酚含量无明显差异，约为韧皮部的一半。因此，该研究者建议牡丹皮加工过程中可不刮皮而只抽心。有研究报道，木心中主要含质韧的木纤维，所含化学成分的种类最少且含量较低，保留木心将显著降低牡丹皮的质量[11,15]。因此，牡丹皮产地加工过程中的抽心操作有一定的科学合理性。

2.2 趁鲜切制

大多数中药在产地采收后即加工成中药材，然后再流入饮片加工企业。由于贮存时间久，使得其有效成分流失或发生化学变化，尤其是含挥发性成分的药材。此外，饮片的生产还需要经过浸润、切制、炮制、干燥等过程，导致其有效成分进一步损失，疗效也随之降低。因此，减少饮片加工环节，缩短贮存时间，是保证饮片质量的有效方法。

王军等[16]比较了凤丹皮趁鲜切制和干燥后软化切制两种加工方法制备的饮片中丹皮酚和芍药苷的含量，结果表明，趁鲜切制饮片中丹皮酚的含量低于干燥后软化切制饮片约50%，但芍药苷的含量却高于干燥后软化切制饮片约10%。因此，牡丹皮产地加工时采用趁鲜切制的方法较为适宜，为减少丹皮酚的流失，趁鲜切制后可选择适当的方法干燥。龙全江等[17－18]通过测定牡丹皮饮片中丹皮酚和芍药苷的含量，来探讨产地趁鲜切制的可行性，结果发现，与传统切制相比，凤丹皮趁鲜切制其丹皮酚和芍药苷含量虽略有下降，但该法是直接从鲜药材进入切片过程，省工省时，而且避免了饮片中的药

效成分在中间流通环节因贮存时间久而造成损失，从而保证了饮片质量的稳定性。张洪坤等[12]也认为牡丹皮趁鲜切制工艺是可行的，并提议牡丹皮在产地采收后直接加工成饮片，然后干燥使含水量达到要求后再密封包装，置于适宜条件下贮存。

此外，牡丹皮在贮存过程中会出现丹皮酚析出结晶的现象，俗称“亮银星”，若采用干燥后软化切制，会使丹皮酚在牡丹皮软化时随水流失，影响牡丹皮质量[19]。但目前牡丹皮产地趁鲜切制加工方法尚不成熟，且产地加工水平与条件不如饮片加工企业，并考虑到“封刀丹皮”（指牡丹皮宜冬天切片，一般在其他药材切完后的最后季节切丹皮）的传统切制经验，故迫切需要进一步优化趁鲜切制的工艺参数，并综合考虑药效成分的理化性质和药材流通、运输、贮存等环节的实际情况，提高中药饮片质量，使该方法规范化。

2.3 硫磺熏蒸

现代研究发现，硫磺熏蒸不仅导致中药中某些固有活性成分发生化学转化[20]，而且易造成二氧化硫等有害物残留，危害人体健康。硫磺熏蒸是国家明令禁止的行为，但目前在中药材市场中仍然存在硫熏牡丹皮，其之所以在实际加工生产中屡禁不止，是因为熏硫在中药干燥、增白、防霉、防虫蛀等方面具有显著优势。但熏硫破坏了牡丹皮特有的清香气味，又易导致二氧化硫残留量超标，影响牡丹皮的内在质量。

有些商家为了防止在抽检时被检测出二氧化硫残留量超标，常采用脱硫剂对熏硫药材进行脱硫处理。邓爱平等[21]测定了正常、熏硫和脱硫牡丹皮中10种次生代谢产物的含量及脱硫前后熏硫牡丹皮中二氧化硫的残留量。结果表明，牡丹皮熏硫后，其次生代谢产物含量发生变化，二氧化硫残留量也明显高于2020年版《中国药典》（一部）中的限量要求（不得超过150 mg/kg）[1]，这说明硫磺熏蒸极易导致二氧化硫超标；进一步经脱硫处理后发现，牡丹皮中二氧化硫残留量有所降低，但同时也降低了次生代谢产物的含量。因此，在产地加工过程中，该研究者不建议对牡丹皮进行熏硫和脱硫处理。有研究显示，贮藏可显著降低牡丹皮中二氧化硫残留量，但特征含硫衍生物——芍药苷亚硫酸酯在贮藏前后含量变化不大[22－23]，这说明二氧化硫残留量可能无法真正反映牡丹皮的硫熏程度，后续可考虑将特征含硫衍生物作为硫熏牡丹皮质量控制方法的补充。

此外，与未经硫磺熏蒸的牡丹皮相比，硫熏后的牡丹皮表面更白、粉性更足、保存时间也更长，这常使人们误认为这样的牡丹皮质量更佳。因此，不能仅依靠传统“色白、粉性足为佳”的牡丹皮质量评价标准，而应建立以有效成分含量为指标的客观评价标准。

2.4 干燥方法

中药材干燥是产地加工过程中不可或缺的重要环节，干燥后不仅有利于运输和贮藏，而且能形成和赋予中药材所特有的药性。牡丹皮的传统干燥方法有晒干、阴干、晾干、烘干或几法相结合。传统干燥方法虽然成本低，但存在干燥周期长、易受气候条件影响、干燥后药材质量参差不齐等弊端，而且难以实现牡丹皮加工工艺的统一性和规范性，不利于保障中药材的质量。近年来，随着中药材生产过程工业化程度的深化，现代干燥技术如热风干燥、远红外干燥和微波干燥等，因表现出生产效率高、干燥条件可控和产品质量稳定等优点，被逐渐应用于中药材干燥加工中[24]。赵秋龙等[25]研究新鲜牡丹皮药材在不同干燥温度（40、50、60、70 ℃）下分别以热风干燥法、远红外干燥法、微波干燥法3种现代干燥方法及晒干、阴干2种传统方法处理，并测定了牡丹皮中16种化学成分的含量。结果发现，在40 ℃下，采用远红外干燥法的综合得分最高，这说明以这种方式干燥所得的牡丹皮药材综合品质最好。因此，该研究者建议牡丹皮药材在40 ℃下采用远红外干燥法为宜。

2.5 贮藏方法

影响牡丹皮质量的因素除了药材加工方法外，贮藏方式也同样重要。牡丹皮是一种具有特殊芳香气味的根皮类药材，其在贮藏过程中有效成分易流失且容易发霉，因此，根据药材的性质采取相应的贮藏方式尤为重要。吕建洪等[26]研究不同贮藏方法及贮藏期对安徽南陵牡丹皮中丹皮酚、芍药苷和没食子酸3种有效成分含量的影响。结果发现，随着贮藏时间的延长，牡丹皮中3种有效成分的含量均呈下降趋势；密封包装贮存明显优于散装贮存；与泽泻对抗同贮可使丹皮酚和芍药苷的含量递增，没食子酸的含量递减。因此，该研究者建议对牡丹皮采用密封包装并与泽泻对抗同贮的贮藏方法。据研究报道，牡丹皮药材贮藏14.3个月，饮片贮藏12.3个月，其丹皮酚含量均低于1.2%，不符合《中国药典》相关标准[27]。曹臣等[28]通过经典恒温实验和留样观察实验研究牡丹皮的有效期，建议将牡丹皮制成小包装饮片，且贮藏时间不宜过久，确保在200 d内用完。李静等[29]则对牡丹皮的包装材料进行了深入研究，在阴凉[温度为（15±2）℃，湿度为50%±2%]和常温[温度为（25±2）℃，湿度为50%±2%]2种储存环境下，通过比较复合膜真空袋、普通聚乙烯袋、编织袋3种包装材料对没食子酸、氧化芍药苷、芍药苷、丹皮酚4种主要指标性成分含量的影响，结果发现，牡丹皮以复合膜真空包装并于阴凉条件储存时效果最好。

3 牡丹皮商品规格等级研究

中药材商品规格等级标准是促使中药材市场规范化的标准，目前使用最多的是1984年颁布的《七十六种药材商品规格标准》[30]，其中收载的牡丹皮分为凤丹皮、连丹皮、刮丹皮3种规格，以其长度和中部围粗分别划分为一、二、三、四等品，以“纵形隙口紧闭、皮细肉厚、粉质足、有亮银星、香气浓，长6 cm以上、中部围粗2.5 cm以

上”者质量最佳。邓爱平等[11]采用牡丹皮外观性状与内在质量相结合的方法，重新整理了牡丹皮的商品规格等级现状；在《七十六种药材商品规格标准》的基础上，将牡丹皮按产地划分为“凤丹皮”与“其他产区”2种规格，其他产区又按产地加工中是否去皮划分为“刮丹皮”和“连丹皮”2种规格，各种规格项下再依据药材长度和直径大小划分等级。药材市场上除了依据牡丹皮的产地、长度、直径大小、杂质含量划分等级外，还以抽心率的高低作为等级划分的依据。木心为牡丹皮的非药用部位，2020年版《中国药典》（一部）中规定了木心的限量要求（不得过3%）[1]，因此，以这种方法来划分牡丹皮的等级必须基于2020年版《中国药典》（一部）的相关规定，严格控制木心的含量，否则将显著影响牡丹皮的药材质量。

4 牡丹皮的质量控制研究

2020年版《中国药典》（一部）仅规定了牡丹皮中丹皮酚的含量，其在药材和饮片中均不得低于1.2%[1]。近年来，为了使牡丹皮的质量得到更好的控制，研究者们采取了多种方法和策略，主要有高效液相色谱（HPLC）法、气相色谱-质谱（GC-MS）法等。

4.1 HPLC法

夏成凯等[31]采用HPLC单波长法检测牡丹皮中没食子酸、5-羟甲基糠醛、没食子酸甲酯、氧化芍药苷、儿茶素、芍药苷、1,2,3,6-*O*-四没食子酰葡萄糖、1,2,4,6-*O*-四没食子酰葡萄糖、1,2,3,4,6-*O*-五没食子酰葡萄糖、牡丹皮苷C、苯甲酰氧化芍药苷、丹皮酚、苯甲酸的含量，结果发现，该研究所建立的HPLC单波长方法可用于同时测定牡丹皮中多个指标成分的含量。刘小蔓等[32]采用HPLC双波长法检测牡丹皮中没食子酸、芍药苷、丹皮酚、1,2,3,4,6-*O*-五没食子酰葡萄糖的含量，结果发现，该方法简便、准确、重复性好，可为牡丹皮的质量控制与评价提供参考。谢剑琳等[33]采用HPLC波长切换法检测牡丹皮中没食子酸、氧化芍药苷、芍药苷、1,2,3,4,6-*O*-五没食子酰葡萄糖、丹皮酚、苯甲酰芍药苷的含量，结果发现，该方法保证了各成分在最大吸收波长处的检测，可全面评价牡丹皮的质量。曹杰楠等[34]采用HPLC指纹图谱法标定了牡丹皮中10个共有峰，指认出其中4个成分，分别为氧化芍药苷、芍药苷、1,2,3,4,6-*O*-五没食子酰葡萄糖、丹皮酚，并筛选出芍药苷等6个差异成分，可更加全面地评价牡丹皮的质量。Li等[4]采用超高效液相色谱-四极杆/飞行时间质谱（UPLC-QTOF-MS/MS）法检测牡丹皮中丹皮酚、丹皮酚原苷、丹皮酚新苷、芍药苷、氧化芍药苷等15种成分的含量，并在UPLC-QTOF-MS/MS上建立了一种基于时间段扫描的准多反应监测模式。结果发现，该模式提高了UPLC-QTOF-MS/MS的定量分析能力，可更加准确地定量分析牡丹皮的化学成分。

4.2 GC-MS法

胡云飞等[35]采用GC-MS法从牡丹皮提取物中鉴别出了41个成分，主要为芳香族和脂肪酸类化合物，占总量的80%以上，其中丹皮酚、苯甲酸、邻苯三酚含量最高。该方法可用于牡丹皮的多指标质量控制，可为牡丹皮药材的质量评价与道地药材的鉴别提供依据。

4.3 其他

刘威等[6]采用HPLC波长融合法检测了牡丹皮中没食子酸、芍药内酯苷、芍药苷、1,2,3,4,6-*O*-五没食子酰葡萄糖、苯甲酸、苯甲酰芍药苷、丹皮酚的含量，并采用微波消解-电感等离子体质谱（ICP-MS）法检测了Fe、Mg、Al等24种微量元素的含量，可多角度、多方面地评价牡丹皮质量，为牡丹皮优质药材选择提供参考。

5 总结和展望

5.1 牡丹皮刮皮、抽心及切制工艺的不确定

牡丹皮在传统刮皮抽心加工中，关于是否需要刮皮的问题仍存在争议。目前牡丹皮在产地加工和药材市场上以刮丹皮为主，刮丹皮价格也高于连丹皮。牡丹皮栓皮层占牡丹根总质量的比例较小，但其中药理活性成分的含量较高，加工过程中若刮去栓皮层，在一定程度上会影响牡丹皮的质量或造成有效成分的损失。关于牡丹皮刮皮与否建议结合其他相关因素如临床药效、农药残留及重金属含量等综合考虑。牡丹皮加工过程中的抽心操作符合2020年版《中国药典》（一部）规定，不仅有利于提高其内在质量，还可减少干燥时间。

从牡丹皮切制工艺来看，趁鲜切制在产地加工中盛行。与传统切制相比，牡丹皮趁鲜切制不仅省工省时，而且可避免饮片中有效成分在中间流通环节因贮存时间久而造成损失，但目前产地趁鲜切制加工方法尚不成熟。因此，建议后续研究进一步优化牡丹皮趁鲜切制的工艺参数，综合考虑其药效成分的理化性质及其流通、运输、贮存等环节的实际情况，制定牡丹皮产地加工规范化规程。

5.2 牡丹皮的质量评价指标单一

2020年版《中国药典》仅以丹皮酚作为牡丹皮药材及饮片质量控制的指标[1]，然而单一或少数几种指标成分往往不能全面反映药材的整体质量。随着现代分析方法和技术的开发与普及，多指标成分含量测定、指纹图谱等已经用于同时定量分析牡丹皮的多个活性成分，但是否能反映牡丹皮的整体质量还需更深入的研究和探讨。笔者建议后续研究可从酚及酚苷类、单萜及其苷类等不同类别中选择具有代表性的指标成分进行含量测定，从而建立可有效反映牡丹皮整体质量的评价方法。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：一部[S]. 2020年版. 北京：中国医药科技出版社，2020：179.
[2] 赵文军，林阳，李鹏飞，等. 牡丹皮化学成分的HPLC-

QTOFMS分析[J].药学实践杂志,2014,32(4):261-265.
[3] WANG Z Q, SHEN J, LI P, et al. Research on quality markers of Moutan Cortex: quality evaluation and quality standards of Moutan Cortex[J]. ChinHerb Med, 2017, 9(4):307-320.
[4] LI X Y, XU J D, ZHOU S S, et al. Time segment scanning-based quasi-multiple reaction monitoring mode by ultra-performance liquid chromatography coupled with quadrupole/time-of-flight mass spectrometry for quantitative determination of herbal medicines: Moutan Cortex, a case study[J]. J Chromatogr A, 2018, 1581/1582: 33-42.
[5] 焦梦姣,邓哲,章军,等.含挥发性成分中药饮片标准汤剂的制备和质量标准研究:以牡丹皮为例[J].中国中药杂志,2018,43(5):891-896.
[6] 刘威,王振中,胡军华,等.不同产地牡丹皮中微量元素与多指标成分灰色关联度评价及相关性分析[J].中国实验方剂学杂志,2017,23(1):34-41.
[7] 彭华胜,王德群,彭代银,等.药用牡丹基原的考证和调查[J].中国中药杂志,2017,42(9):1632-1636.
[8] 胡煜雯,巢建国,谷巍,等.不同生长年限及采收期牡丹皮中药效成分HPCE分析[J].南京中医药大学学报,2013,29(1):63-65.
[9] 张晓梅.不同采收季节牡丹皮中丹皮酚含量的比较[J].世界最新医学信息文摘,2015,15(67):110,102.
[10] 张洪坤,路丽,黄玉瑶,等.牡丹皮不同采收期质量综合评价研究[J].世界科学技术-中医药现代化,2019,21(2):240-247.
[11] 邓爱平,方文韬,谢冬梅,等.牡丹皮药材商品规格等级标准及质量评价[J].中国现代中药,2019,21(6):739-752.
[12] 张洪坤,王其丰,郭长达,等.不同加工方法牡丹皮中7种指标性成分的含量测定及质量评价[J].中国药房,2018,29(22):3063-3068.
[13] 范旭航,马天成,沈旭,等.UPLC法测定不同产地不同部位牡丹皮中6种活性成分[J].中成药,2012,34(2):317-320.
[14] 周立艳,王淑美,梁生旺,等.牡丹皮产地加工方法的研究[J].时珍国医国药,2008,19(4):842-843.
[15] 范俊安,张艳,夏永鹏,等.重庆垫江牡丹皮HPLC指纹图谱研究(Ⅳ):不同部位的比较及其鉴别意义[J].中国药房,2010,21(23):2157-2159.
[16] 王军,张雨凤,方成武,等.趁鲜加工对凤丹皮的适用性研究[J].中国现代中药,2016,18(8):1039-1041,1047.
[17] 龙全江,王晓阁,周宙,等.趁鲜切制法对牡丹皮饮片中丹皮酚含量的影响研究[J].中药材,2012,35(6):883-886.
[18] 龙全江,王晓阁,周宙,等.趁鲜切制法对牡丹皮饮片中芍药苷含量的影响研究[J].现代中药研究与实践,2012,26(2):46-48.
[19] 马豪,唐声伟,张吉,等.加工方法及贮存期对牡丹皮质量因素影响的研究[J].现代中药研究与实践,2011,25(4):16-17.
[20] ZHAN Z L, DENG A P, KANG L P, et al. Chemical profiling in Moutan Cortex after sulfuring and desulfuring processes reveals further insights into the quality control of TCMs by nontargeted metabolomic analysis[J]. J Pharm Biomed Anal, 2018, 156: 340-348.
[21] 邓爱平,詹志来,张悦,等.牡丹皮药材熏硫及脱硫前后化学成分差异分析[J].中华中医药杂志,2019,34(5):2278-2283.
[22] 李秀杨,段素敏,刘欢欢,等.特征含硫衍生物对硫熏牡丹皮检控的意义[J].药学学报,2016,51(6):972-978.
[23] LI X Y, LONG F, XU J D, et al. Paeonifiorin sulfonate as a characteristic marker for specifically inspecting Chinese patent medicine Liu-Wei-Di-Huang-Wan contained sulfur-fumigated Moutan Cortex[J]. J Pharm Biomed Anal, 2017, 138: 283-288.
[24] 赵润怀,段金廒,高振江,等.中药材产地加工过程传统与现代干燥技术方法的分析评价[J].中国现代中药,2013,15(12):1026-1035.
[25] 赵秋龙,卞晓坤,钱大玮,等.不同干燥方法对牡丹皮药材中化学成分的影响[J].中国现代中药,2020,22(1):74-79,102.
[26] 吕建洪,巢建国,谷巍,等.HPLC法研究贮藏期牡丹皮中三种药效成分的含量变化[J].现代中药研究与实践,2014,28(6):28-31.
[27] 易建利.储存时间对牡丹皮药材和饮片中丹皮酚含量的影响[J].湖南中医药大学学报,2008,28(3):42-43.
[28] 曹臣,欧阳荣,张志国.牡丹皮饮片的有效期研究[J].中国现代药物应用,2014,8(16):15-17.
[29] 李静,夏成凯,方成武.不同储存条件对亳丹皮指标性成分影响研究[J].辽宁中医药大学学报,2018,20(2):48-51.
[30] 国家中医药管理局,卫生部.七十六种药材商品规格标准[S].北京:国家中医药管理局,1984:56.
[31] 夏成凯,詹云武,胡云飞,等.HPLC法同时测定不同产地牡丹皮中13种化学成分的含量[J].中草药,2019,50(4):970-974.
[32] 刘小蔓,常增荣,戴俊东,等.HPLC法同时测定牡丹皮中4种化学成分的含量[J].中国新药杂志,2015,24(8):954-957.
[33] 谢剑琳,张振秋,杨超,等.HPLC波长切换法同时测定牡丹皮中6个成分的含量[J].中国实验方剂学杂志,2013,19(2):85-89.
[34] 曹杰楠,王媛媛,夏梦莹,等.基于指纹图谱及多元统计分析评价牡丹皮的质量[J].中药材,2021,44(3):644-648.
[35] 胡云飞,吴德玲,徐国兵,等.GC-MS结合化学计量学对5个产地牡丹皮提取物的比较分析[J].中成药,2015,37(9):2003-2007.

(收稿日期:2022-05-15 修回日期:2022-10-26)
(编辑:唐晓莲)