

本文引用:冯建明,燕蔚,王志强,许秋双,滕萌萌,杨晓娜,宁宝生,李天祥. 不同切制方法对丹参饮片质量的影响[J]. 湖南中医药大学学报, 2020,40(8): 974-980.

不同切制方法对丹参饮片质量的影响

冯建明¹,燕蔚¹,王志强¹,许秋双¹,滕萌萌¹,杨晓娜²,宁宝生³,李天祥^{1*}

(1.天津中医药大学,天津 300193;2.白涧镇农业发展中心,天津 300193;3.天津宝盛农业发展有限公司,天津 300193)

〔摘要〕目的 考察3种切片方法(鲜品切片、半干切片、闷润切片)对丹参饮片质量的影响,拟筛选适宜的切片方法。方法 建立不同产地3种丹参切片方法高效液相指纹图谱,进行相似度评价和正交偏最小二乘法分析;采用HPLC-UV法对丹参饮片中功效成分定量分析。结果 3种丹参切片方法之间存在差异,其中闷润切片与前两者差别较大,鲜品切片丹参中主要功效成分损失最少,半干切片方法次之,闷润切片丹参中成分损失较多。结论 鲜品切片和半干切片两种方法具有较高的可行性,其中鲜品切片为丹参最佳的切片方法,功效成分损失最少;而半干切片品相较佳,断面质密平整。因此,在产地进行半干切片加工具有推广价值。

〔关键词〕 丹参;切片方法;含量测定;指纹图谱

〔中图分类号〕R282.4

〔文献标志码〕A

〔文章编号〕doi:10.3969/j.issn.1674-070X.2020.08.012

Effects of Different Slicing Methods on the Quality of *Radix Salviae Miltiorrhizae* Decoction Pieces

FENG Jianming¹, YAN Wei¹, WANG Zhiqiang¹, XU Qiushuang¹, TENG Mengmeng¹, YANG Xiaona²,
NING Baosheng³, LI Tianxiang^{1*}

(1. Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300193, China; 2. Baijian Town Agricultural Development Center, Tianjin 300193, China; 3. Tianjin Baosheng Agricultural Development Co., Ltd., Tianjin 300193, China)

〔Abstract〕 Objective To study the effects of 3 kinds of slicing methods (fresh product slicing, half dry slicing and stuffy moistening slicing) on the quality of *Radix Salviae Miltiorrhizae* decoction pieces, and to select the appropriate slicing methods. **Methods** The HPLC fingerprints of 3 kinds of slicing methods of *Radix Salviae Miltiorrhizae* from different areas were established, and the similarity evaluation and orthogonal partial least square analysis were carried out. HPLC-UV method was used to quantitatively analyze the functional components in *Radix Salviae Miltiorrhizae* decoction pieces. **Results** There were differences among the 3 slicing methods of *Radix Salviae Miltiorrhizae*, among which the differences between the stuffy moistening slicing and the first two methods were significant. The loss of main functional components in fresh *Radix Salviae Miltiorrhizae* slice was the least, followed by that in half dry slice, and the loss of components in stuffy moistening *Radix Salviae Miltiorrhizae* slice was more. **Conclusion** The two methods of fresh and half dry slicing are highly feasible, among which fresh slicing is the best method for *Radix Salviae Miltiorrhizae* with the least loss of effective components, while the half dry sections are better in appearance with dense and flat section. Therefore, to process half dry section in the production area has the value of popularization.

〔Keywords〕 *Radix Salviae Miltiorrhizae*; slicing method; content determination; fingerprint

丹参为唇形科植物丹参 *Salvia miltiorrhiza* Bge. 的干燥根和根茎,性苦、微寒,归心、肝经,具有活血通经、祛瘀止痛、清心除烦、凉血消痈的功效^[1],属常用大宗中药材之一。丹参中主要含有脂溶性和水溶

性两大类活性成分,成分种类繁多^[2],具有抗炎、抗肿瘤、治疗心血管疾病等多种药理作用^[3-5]。

中药材切制加工有易于药物中有效成分的溶出,也有助药材的干燥、贮藏和炮制。2015版《中华

〔收稿日期〕2020-03-22

〔基金项目〕天津市科技计划项目(16ZXZYN00060,15YDLJSY00100);国家中医药管理局全国中药资源普查项目(GZY-KJS-2018-004);2016公共卫生服务补助资金项目:“药用植物重点物种保存圃建设项目”(财社[2016]44号)。

〔作者简介〕冯建明,男,在读硕士研究生,研究方向:中药质量评价。

〔通讯作者〕*李天祥,男,教授,E-mail:litianxiang612@sina.com。

《中华人民共和国药典》中规定丹参“除去杂质和残茎,洗净,润透,切厚片,干燥”^[1]。然而丹参自古有“忌水洗”的说法,现代研究也表明水洗易造成丹参活性成分损失^[6],曾有报道丹参产地趁鲜切片具有一定的合理性^[7]。因此,为了有效保证加工切制丹参饮片质量,本研究收集了我国 5 个丹参主产区的新鲜样品,分别采用鲜品直接切片、半干切片、闷润切片 3 种切制方法进行处理,采用 HPLC 指纹图谱相似度评价和主要功效成分含量测定,并经过统计学分析,系统考察丹参 3 种切片方法对丹参质量的影响,拟筛选丹参最合理的切片方法,保证其质量,提高临床治疗效果,为进一步完善丹参药材加工理论提供科学的数据支撑。

1 仪器与材料

1.1 主要仪器与试剂

美国 Alltech 1500 系列高效液相色谱仪(配置 B05 型高压梯度泵、UV 1000 型全波段可编程紫外可见检测器、CSChrom Plus 色谱工作站);UV-6100PCS 型紫外可见分光光度计(上海美普达有限公司);YHG-600-BS-II 型远红外快速干燥箱(上海贺德实验设备有限公司);DFZ-6050 型真空干燥箱(上海新苗医疗器械制造有限公司);SB25-12DT 超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司);FA 2104 电子天平(上海舜宇恒平科技仪器有限公司)。丹参酮 II_A 对照品(MUST-1103301)、丹酚酸 B 对照品(MUST-15081916)(北京鼎国昌盛技术有限公司);硝酸铝(分析纯,天津市大茂化学试剂厂);氢氧化钠、亚硝酸钠、95%乙醇、甲醇(分析纯,天津市江天化工技术有限公司);磷酸(色谱纯,天津市光复精细化工研究所);无水乙醇(分析纯,天津市富宇精细化工有限公司);乙腈、甲醇(色谱纯,天津市康科德科技有限公司);娃哈哈纯净水(天津娃哈哈食品有限公司)。

1.2 试验样品

丹参样品分别为采自山东夏津、四川绵阳、天津

静海、河南方城、陕西宝鸡 5 个主产区新鲜药材,经天津中医药大学李天祥教授鉴定为唇形科植物丹参 *Salvia miltiorrhiza* Bge. 的根及根茎。见表 1。

2 方法

2.1 丹参的切片方法

2.1.1 鲜品直接切片 取新鲜丹参药材,净选除杂,用流速为 5 000 mL/min 的水冲洗干净,稍晾,切厚片(2~4 mm),晒干。

2.1.2 半干切片 取新鲜药材,净选除杂,水冲洗净,自然晾晒,药材稍有韧性,不易折断,切厚片(2~4 mm),晒干。

2.1.3 闷润切片 即传统的切片方法。取新鲜药材净选除杂,晒干,药材轻折易断。将干药材用清水浸润,经常翻动,使水分缓缓渗入药材内部,以“药透水尽,少泡多润”为原则,润透后,取出,切厚片(2~4 mm),晒干。

2.2 不同产地丹参 3 种切片方法指纹图谱研究

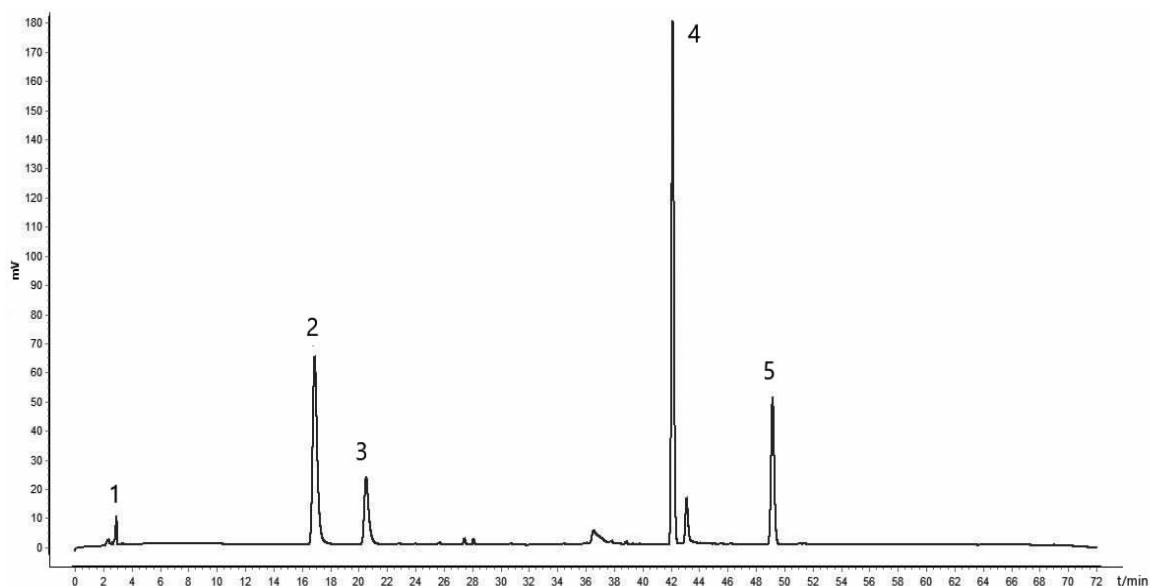
2.2.1 色谱条件 色谱柱:Agilent ZorbaxSB-C₁₈ (4.6 mm×100 mm,3.5 μm)。检测波长 254 nm,流速 1 mL/min,柱温 30 ℃。流动相 A 为乙腈,B 为 0.1% 甲酸的水溶液。梯度洗脱:0~5 min,10%~20%A;5~20 min,20%~30%A;20~25 min,30%~50%A;25~30 min,50%~65%A;30~65 min,65%~80%A;65~70 min,80%~10%A;70~72 min,10%A。

2.2.2 对照品溶液的制备 精密称取 105 ℃干燥至恒重的各对照品适量,以甲醇为溶剂配成各单一成分的溶液,迷迭香酸 0.24 g/L,丹酚酸 B 0.16 g/L,隐丹参酮 0.14 g/L,丹参素 0.22 g/L,丹参酮 II_A 0.2 g/L 的对照品储备液,制备成混合对照品溶液。见图 1。

2.2.3 供试品溶液的制备 精密称取各丹参样品粉末(过三号筛)约 0.1 g,置具塞锥形瓶中,精密加入甲醇 20 mL,称重,超声处理(功率 140 W,频率 42 kHz) 15 min,室温下冷却,精密称定甲醇补重,摇匀,滤过,取续滤液,即得。

表 1 不同产地丹参药材样品信息

编号	切片方法	产地	编号	切片方法	产地	编号	切片方法	产地
S1	鲜品直接切片	山东	S6	半干切片	山东	S11	闷润切片	山东
S2	鲜品直接切片	四川	S7	半干切片	四川	S12	闷润切片	四川
S3	鲜品直接切片	天津	S8	半干切片	天津	S13	闷润切片	天津
S4	鲜品直接切片	河南	S9	半干切片	河南	S14	闷润切片	河南
S5	鲜品直接切片	陕西	S10	半干切片	陕西	S15	闷润切片	陕西



注:1.丹参素;2.迷迭香酸;3.丹酚酸 B;4.隐丹参酮;5.丹参酮 II_A

图1 丹参标准品 HPLC 色谱图

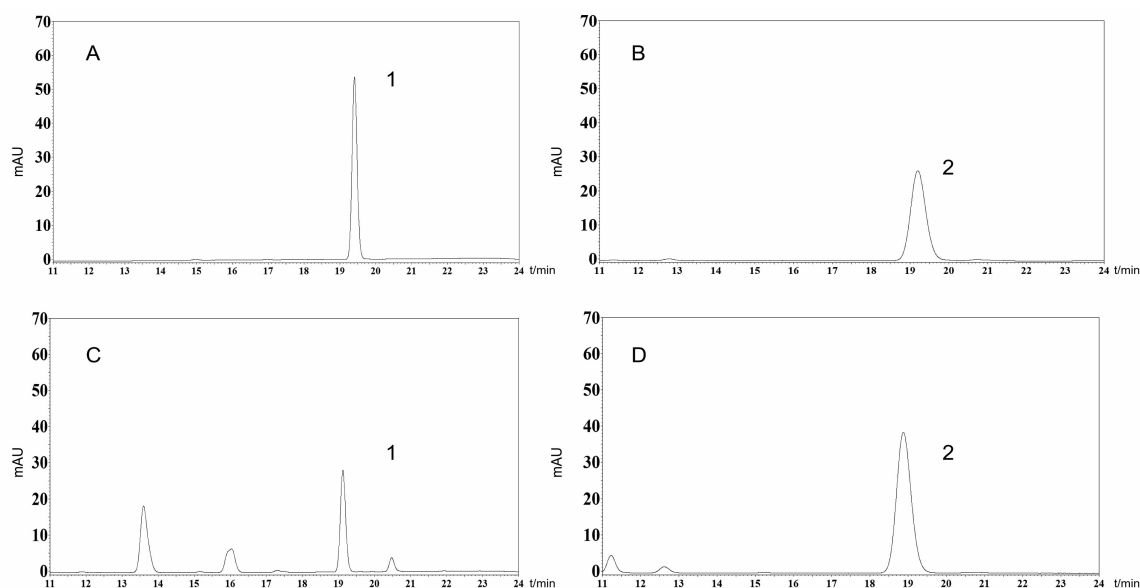
2.2.4 精密度试验 取同一均匀标准品按照“2.2.3”项下制备供试品溶液,按照“2.2.1”项下色谱条件,平行进样6次,记录主要色谱峰的峰面积和保留时间,以4号色谱峰为参照峰,保留时间 RSD 为 2.45%,相对峰面积 RSD 为 1.49%,说明仪器精密度良好。

2.2.5 稳定性试验 取同一样品按照“2.2.3”项下方法制备供试品溶液,室温静置,分别在 0、2、4、8、16、24 h 按照“2.2.1”项下色谱条件进样,记录主要色谱峰的峰面积和保留时间,以4号色谱峰为参照峰,保留时间 RSD ≤ 1.86%,相对峰面积 RSD ≤ 0.18%,说明该供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.2.6 重复性试验 精密量取同一样品,按“2.2.3”项下方法平行制备 6 份供试品溶液,按照“2.2.1”项下色谱条件进样分析,记录主要色谱峰的峰面积和保留时间,以4号色谱峰为参照峰,保留时间 RSD ≤ 1.28%,相对峰面积 RSD ≤ 0.14%,说明该方法重复性良好。

2.3 不同产地丹参 3 种切片方法成分含量测定

2.3.1 色谱条件 丹参酮 II_A 色谱条件:色谱柱 Agilent ZorbaxSB-C₁₈ 柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm);流动相乙腈(A)-0.02%磷酸溶液(B);检测波长 270 nm;进样量 10 μL;流速 1.0 mL/min;柱温 25 °C;梯度洗



注:1-丹参酮 II_A; 2-丹酚酸 B

图2 对照品(A、B)和丹参样品(C、D)HPLC 色谱图

脱设定为 0~6 min, 61%A; 6~20 min, 61%~90%A; 20~20.5 min, 90%~61%A; 20.5~25 min, 61%A。丹酚酸 B 色谱条件: 色谱柱 Agilent Zorbax SB-C₁₈ 柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm); 流动相乙腈(A)-0.1%磷酸溶液(B) (22:78); 检测波长 286 nm; 进样量 10 μL; 流速 1.2 mL/min; 柱温 25 °C。见图 2。

2.3.2 对照品溶液制备 精密称取丹参酮 II_A 对照品 2.5 mg 于 25 mL 容量瓶中, 甲醇定容得 0.1 mg/mL 的丹参酮 II_A 对照品储备液。精密称取丹酚酸 B 对照品 3.2 mg 于 10 mL 容量瓶中, 蒸馏水定容得 0.32 mg/mL 的丹酚酸 B 对照品储备液。精密称取丹酚酸 B 对照品 2.8 mg 于 10 mL 容量瓶中, 甲醇定容得 0.28 mg/mL 的丹酚酸 B 对照品储备液。

2.3.3 供试品溶液制备 取丹参粉末(过三号筛) 0.5 g, 加甲醇 40 mL, 称重, 70 °C 水浴回流 1 h, 放冷, 称重后补重, 取 0.2 mL 于 10 mL 量瓶中, 加甲醇定容, 于 268 nm 处测定吸光度(用于测定总丹参酮); 取丹参粉末 0.2 g, 加 80% 甲醇 40 mL, 加热回流 1 h, 趁热过滤, 放冷, 用 80% 甲醇定容至 50 mL, 取 0.3 mL 于 10 mL 棕色量瓶中, 依次加入 5% 亚硝酸钠 0.5 mL、10% 硝酸铝 0.5 mL, 反应 5 min, 用 1 mol/L 氢氧化钠溶液定容, 摇匀, 于 496 nm 处测吸光度(用于测定总丹酚酸)。取丹参粉末 0.3 g, 加入甲醇 50 mL, 称重, 超声(140 W, 42 kHz) 30 min, 放冷, 补重, 摇匀, 用 0.45 μm 微孔滤膜滤过, 取滤液, 用于测定丹参酮 II; 取丹参粉末 0.15 g, 加入 80% 甲醇 50 mL, 称重, 超声 30 min, 放冷, 补重, 取续滤液

1 mL, 用 80% 甲醇定容至 10 mL, 摇匀, 用 0.45 μm 微孔滤膜滤过, 取滤液, 用于测定丹酚酸 B。

2.3.4 线性关系考察 分别精密吸取各对照品储备液适量, 按“2.3.2”项下方法加相应溶剂制成系列浓度的对照品溶液, 按“2.3.3”项下方法测定吸光度、“2.3.1”项下方法测定峰面积, 以对照品溶液的浓度为横坐标(X), 吸光度或峰面积为纵坐标(Y), 进行线性回归。见表 2。

表 2 线性回归方程

编号	对照品	回归方程	R ²	线性范围/(μg·mL ⁻¹)
1	总丹参酮	$Y=87.417X-0.0159$	0.9997	2.00-9.10
2	总丹酚酸	$Y=36.92X+0.0036$	0.9992	3.20-19.22
3	丹参酮 II _A	$Y=33.633X-2.9018$	0.9995	0.25-16.00
4	丹酚酸 B	$Y=5.106X-69.178$	0.9997	40.00-280.00

2.3.5 精密度实验 精密称取各对照品, 制备对照品溶液, 连续进样 6 次, 丹参酮 II_A 吸光度值 RSD=0.134%, 丹酚酸 B 吸光度值 RSD=0.17%; 丹参酮 II_A 峰面积 RSD 为 0.83%, 丹酚酸 B 峰面积 RSD=0.52%, 说明仪器精密度良好。

2.3.6 重复性实验 精密称取各供试品粉末各 6 份, 制备样品溶液, 连续测定 6 次, 总丹参酮吸光度值 RSD=2.45%, 总丹酚酸吸光度值 RSD=0.52%, 丹参酮 II_A 峰面积 RSD=1.04%, 丹酚酸 B 峰面积 RSD=0.52%。

2.3.7 稳定性实验 取各供试品溶液, 每隔 10 min 测定 1 次, 连续测定 1 h, 计算得到总丹参酮、总丹酚酸吸光度的 RSD 分别为 1.92%、0.932%; 于 2、4、

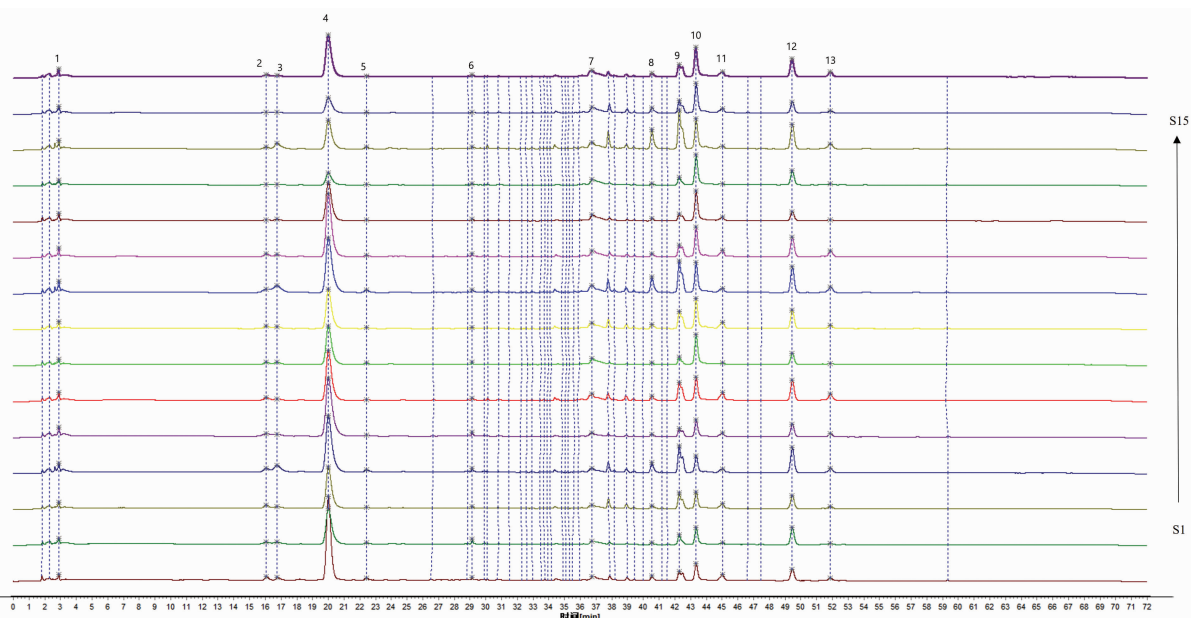


图 3 丹参不同切片方法指纹图谱

6、8、10、12 h 测定峰面积,计算得到丹参酮 II_A、丹酚酸 B 峰面积的 RSD 分别为 1.49%、2.62%,表明各供试品溶液在相应的检测时间内稳定性良好。

2.3.8 加样回收率实验 精密称量已知含量各丹参样品,分别加入对照品储备液适量,按“2.3.3”制备供试品溶液测定。总丹参酮中丹参酮 II_A的平均回收率为 97.83%,RSD=2.10%。总丹酚酸中丹酚酸 B 的平均回收率为 100.10%,RSD=1.84%。丹参酮 II_A平均回收率 94.38%,RSD=1.91%;丹酚酸 B 平均回收率为 100.87%,RSD=2.86%。

2.3.9 浸出物 参照2015年版《中华人民共和国药典》四部通则 2201 项下水性浸出物测定法中的热浸法,结合石勇强等^[8]的研究,用 50%乙醇作为溶剂以兼顾水溶性与脂溶性代谢物。

3 结果

3.1 HPLC 指纹图谱的建立

3.1.1 共有峰的标定和指纹图谱的建立 分别精密量取 5 个产地样品 3 种切片方法制备的丹参饮片供试品溶液 10 μL,按照“2.2.1”项下色谱条件进行分析,记录色谱图。将各样品的色谱数据导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版)”,采用中位数法生成对照图谱,时间窗宽度均为 0.2,并进行多点校正和 Mark 峰匹配,建立共有模式,生成 3 种切片方法下的丹参 HPLC 指纹图谱,见图 3。以保留时间适宜的 4 号峰作为参照峰,共标定 13 个共有峰,

经与对照品相比可知,色谱峰 1、2、4、10、12 分别为丹参素、迷迭香酸、丹酚酸 B、隐丹参酮、丹参酮 II_A,见图 4。

3.1.2 相似度评价 将 5 个产地样品 3 种切片方法制备的丹参饮片色谱图与对照指纹图谱进行相似度评价,结果见表 3。各产地 3 种切片方法丹参指纹图谱的主要峰群一致,出峰时间基本相同,但峰面积大小之间存在较大差异,说明 3 种切片方法对丹参样品中主要功效成分含量之间存在明显影响,而样品中整体化学成分的组成种类无明显差异。由结果可见,3 种丹参切片方法对药材质量可产生较大影响,各产地闷润切片样品的相似度均明显低于其它两种切片方法,其中四川、天津、河南 3 个产地相似度最低。

表 3 丹参不同切片方式下相似度测定结果

编号:直切	相似度	编号:半干切	相似度	编号:润切	相似度
S1	0.967	S6	0.883	S11	0.853
S2	0.907	S7	0.852	S12	0.522
S3	0.909	S8	0.824	S13	0.613
S4	0.915	S9	0.863	S14	0.586
S5	0.973	S10	0.923	S15	0.857

3.1.3 正交偏最小二乘法 为了更好的考察不同切片方法对各地丹参质量的影响,进一步采用正交最小偏乘法对样品进行分析。将 15 批丹参样品按照切

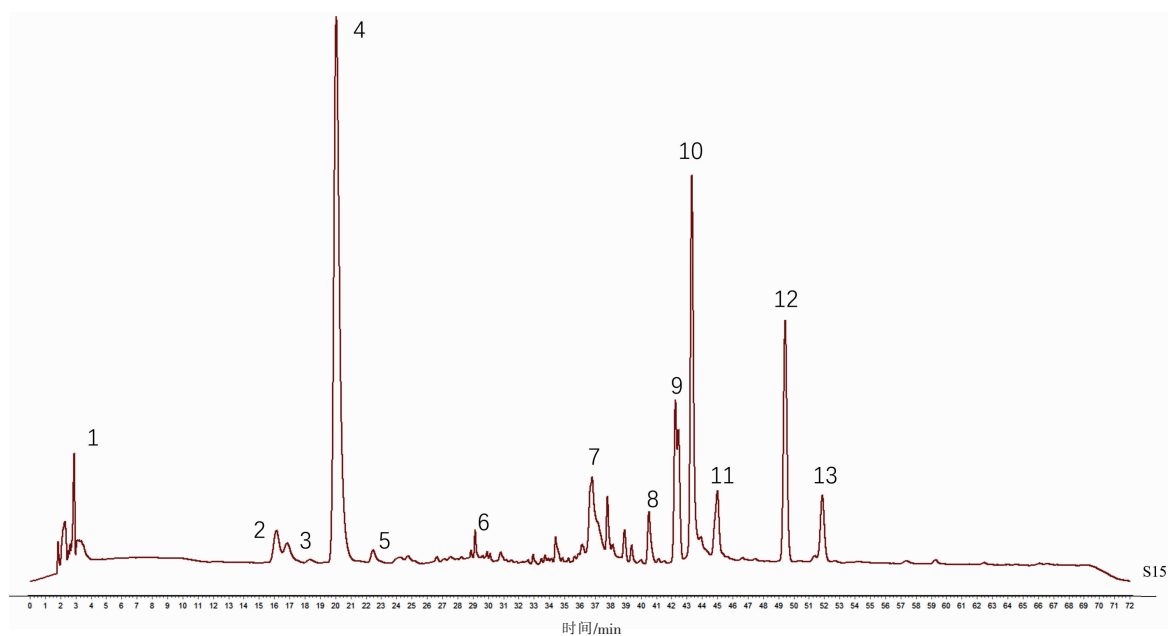
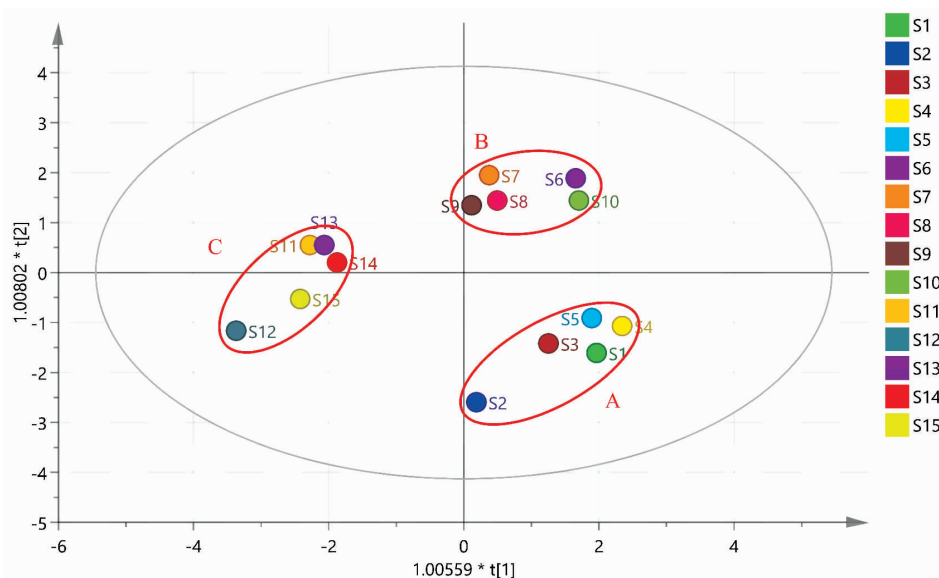


图 4 丹参样品对照指纹图谱



注:A.鲜品水洗直接切片;B.半干切片;C.闷润切片

图 5 丹参 3 种切片方法正交偏最小二乘法得分图

片方法分为 3 组,第 1 组 S1-S5(鲜品水洗直接切片),第 2 组 S6-S10(半干切片),第 3 组 S11-S15(闷润切片方法)。在建立的正交偏最小二乘法分析模型中,累计解释能力参数 R^2X 和 R^2Y 分别为 0.873 和 0.861,预测能力 $Q^2=0.616$,说明所建立的模型稳定性及预测能力良好,得分图见图 5。从图中可知,15 批丹参样品明显被分为 3 类,表明 3 种切片方法成分之间存在明显的差异,3 组不同切片方法的丹参样品得到较好的区分。

通过提取 OPLS-DA 模型中 13 个变量的 VIP 值,对 13 个共有峰峰面积进行排序,选择大于 1 的共有峰,结果显示峰 10、11、13、2、4、7 的 VIP 值均

大于 1。说明以上 6 种化学成分可能引起各产地不同切片方法丹参质量差异的主要指标性成分,其中 10 号峰为隐丹参酮,2 号峰为迷迭香酸,4 号峰为丹酚酸 B,可以作为评价不同切片方法丹参质量的标志性成分。

3.2 3 种切片方法对丹参中主要成分含量的影响

为了进一步分析比较 3 种切片方法对于不同产地丹参质量的影响与差异,以丹参中 5 种主要成分的含量作为变量,对 15 批丹参样品进行系统比较分析,结果见表 4。

由表 4 可知,鲜品直接切片丹参中主要成分损失量最小,饮片质量最佳。闷润切片方法对丹参质量

表 4 丹参中成分含量测定结果(mg/g, n=3)

切片方法	编号	总丹参酮	总丹酚酸	丹参酮 II A	丹酚酸 B	总浸出物
鲜品直接切片	S1	12.41±0.76	95.22±0.09	0.99±0.19	52.35±0.44	638.66±2.71
	S2	12.12±2.12	77.38±1.66	1.17±0.07	35.33±0.02	526.36±1.77
	S3	15.04±0.24	73.06±1.29	1.35±0.04	37.09±0.39	589.13±1.27
	S4	24.31±1.31	131.70±0.67	2.49±0.11	59.14±0.59	589.94±1.49
	S5	17.17±0.67	121.80±0.93	1.36±0.04	66.60±1.73	603.20±0.78
半干切片	S6	18.04±1.41	90.41±2.45	2.03±0.02	40.75±2.51	703.30±0.67
	S7	11.48±0.58	60.15±0.22	1.42±0.03	33.02±1.58	592.61±0.15
	S8	16.07±0.74	58.56±1.35	1.88±0.07	31.75±0.83	577.02±2.61
	S9	25.38±1.78	96.04±0.81	2.50±0.18	53.58±1.15	511.10±0.40
	S10	18.54±2.19	88.62±1.65	1.99±0.13	51.78±0.65	589.04±1.99
闷润切片	S11	11.90±2.41	51.66±1.38	0.90±0.04	35.07±0.72	608.26±2.86
	S12	11.07±1.44	39.20±0.08	1.15±0.13	15.06±0.69	528.32±1.42
	S13	11.86±0.23	35.81±1.30	1.06±0.06	19.50±0.15	581.67±2.30
	S14	23.48±1.63	55.67±1.27	2.35±0.06	28.08±0.68	518.42±1.98
	S15	16.63±1.85	62.31±1.18	1.85±0.11	37.72±2.33	571.51±2.56

影响最大,主要功效成分损失较多,半干切片方法次之,尤其对脂溶性活性成分含量影响较大。可见,不同切片方法对丹参质量会产生一定影响,因此,在生产实践中选择适宜丹参的切片方法是非常必要。

4 讨论

通过建立丹参3种切片方法的HPLC指纹图谱,进行相似度评价及统计学分析,结果表明:3种丹参切片方法之间存在明显差异,对丹参中主要活性成分含量影响较大。相似度评价进一步表明,鲜品切片、半干切片对丹参质量影响基本一致,均有效保存了丹参的功效成分,但闷润切片与上述两种切片之间存在较大差异,对丹参中成分损失较大,不适合作为丹参的切片方法。

通过对丹参饮片中主要功效成分含量考察分析表明:3种切片方法均会造成丹参中有效成分的部分损失,其中闷润切片对于丹参整体成分含量影响最大,这可能是因为丹参闷润过程中与水长时间接触造成成分流失过多。丹参鲜品直接切片方法对成分损失影响较小,可有效保证丹参饮片的整体质量,为最佳的切片方法,半干切片次之。然而,直接切片和半干切片这两种切片方法也存在差异性,鲜品直接切片丹参中总丹酚酸和丹酚酸B含量明显高于半干切片,而半干切片则有效保留了丹参中总丹酚酮和丹酚酮Ⅱ_A。

丹参药材鲜品直接切片和半干切片两种切片方法具有较高的可行性,总体来说,鲜品直接切片方法较佳,可避免丹参传统闷润切片在加工时过长时间接触水造成的成分损失,也进一步表明丹参在产地采收过程中及时实施基地加工的合理性、科学性。

然而,在切片过程中发现,切片方式的选择对于丹参饮片的品相有很大影响,其中直接切片由于新鲜丹参水分含量较高,质脆,在切制过程中易折断且切面易变黑,造成丹参饮片品相不佳,难符合《中华人民共和国药典》要求;而半干切片由于水分含量降低,利于切制,断面平整紧密,品相较佳。因此,在产地进行半干切片具有推广价值。但是,如何选择最适宜、合理的加工方法还需结合实际生产条件及需求进行深入研究。

参考文献

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].北京:中国医药科技出版社,2015:76.
- [2] ZENG H T, SUS LXIANG X, et al. Comparative analysis of the major chemical constituents in *Salvia miltiorrhiza* roots, stems, leaves and flowers during different growth periods by UPLC-TQ-MS/MS and HPLC-ELSD methods[J]. *Molecules*, 2017, 22(5):771-787.
- [3] LIU L, JIA J, ZENG G, et al. Studies on immunoregulatory and anti-tumor activities of a polysaccharide from *Salvia miltiorrhiza* Bunge[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2013, 92(1):479-483.
- [4] WANG B Q. *Salvia miltiorrhiza* chemical and pharmacological review of a medicinal plant[J]. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2010, 4(25): 2813-2820.
- [5] 高兵.丹参的药理作用及临床应用分析[J].*中国现代药物应用*, 2018,12(1):196-197.
- [6] 尉广飞,李翠,刘谦,等.干燥前水洗对丹参活性成分的影响[J].*中草药*,2015,46(16):2467-2470.
- [7] 赵志刚,邵舒蕊,闫滨滨,等.丹参药材产地趁鲜切制可行性初探[J].*中华中医药杂志*,2017,32(2):797-800.
- [8] 石勇强,王玉.丹参酒制方法与其水溶性有效成分含量的关系[J].*黑龙江医药*,2010,23(5):706-708.

(本文编辑 苏维)