

酸枣成熟期间果实种子表观性状、活性成分含量变化

房慧¹, 宋小琛¹, 鞠吉东¹, 张龙霏^{1*}, 王玲娜^{1*}, 张建霞², 李赛², 胡友超²,
刘红燕¹, 刘玉红¹, 李丽华², 戴永昌², 张永清¹, 石岩³

(1. 山东中医药大学, 山东 济南 250355; 2. 山东中昌元投资集团有限公司, 山东 东营 257345; 3. 山东省药品监督管理局查验中心, 山东 济南 250014)

摘要: **目的** 探讨酸枣成熟期间果实种子表观性状、活性成分含量变化。**方法** 依据果实成熟期间的颜色变化, 确定膨大后期、白熟期、半红期、全红期 4 个采收时间点, 观察果实、果核、种子表观性状, 蒽酮比色法测定淀粉、可溶性糖含量, HPLC 法测定酸枣仁皂苷 A、酸枣仁皂苷 B、斯皮诺素、6"-阿魏酰斯皮诺素含量。**结果** 随着果实成熟度提高, 种子质量在半红期基本达到峰值, 果肉淀粉、可溶性糖含量均在半红期达到峰值, 酸枣仁皂苷 A、酸枣仁皂苷 B 含量峰值出现在白熟期, 斯皮诺素、6"-阿魏酰斯皮诺素含量峰值出现在半红期。**结论** 酸枣仁在半红期的产量与质量均较高, 可作为适宜采收期。

关键词: 酸枣; 成熟; 果实; 种子; 表观性状; 活性成分

中图分类号: R282

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2026)02-0561-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.02.030

酸枣 *Ziziphus jujuba* Mill. var. *spinosa* (Bunge) Hu ex H. F. Chow 为鼠李科枣属植物, 在我国黄河中下游地区广泛分布^[1], 具有重要的经济价值^[2], 其种子即为酸枣仁, 首载于《神农本草经》^[3], 药用历史悠久^[4], 用于治疗虚烦不眠、惊悸多梦、体虚多汗、津伤口渴^[5]等症状, 是治疗失眠的首选中药, 素有“东方睡果”之美称^[6]。据统计, 酸枣仁全国年需求量达 1.5 万吨, 未来 3~5 年有望达到 3 万吨, 产值 600 亿元以上^[7], 市场前景广阔。

长期以来, 酸枣仁主要来源于野生资源, 全国年产量约 1 万吨, 供给缺口较大^[8], 刺激了相关产业的发展, 目前山东、河北、陕西、山西等省份均有大面积种植^[9]。然而, 酸枣仁野生转家种后活性成分含量有下降趋势, 甚至达不到 2020 年版《中国药典》标准^[10], 直接影响药材质量。药材表观性状是评价其商品外观与物理品质的重要依据^[11], 果肉中的淀粉与可溶性糖影响其食用品质, 而种仁中的斯皮诺素、6"-阿魏酰斯皮诺素、酸枣仁皂苷 A、酸枣仁皂苷 B 等成分是其镇静催眠、抗焦虑作用的主要物质基础。因此, 本实验探讨酸枣成熟期间果实种子表观性状、活性成分含量变化,

对确定该药材合理采收期并实现其规范化种植、提升其质量具有重要意义。

1 材料

1.1 药材

1.1.1 植株 在山东省东营市黄三角农业高新区山东元康农业发展有限公司酸枣规范化种植基地, 选择 10 株品种相同、树龄与生长状况基本一致的酸枣植株, 进行统一挂牌标记, 在整个研究期间维持其栽培管理措施一致, 经山东中医药大学张永清教授鉴定为正品。

1.1.2 果实 分别在果实处于膨大末期 (2024 年 8 月 12 日) (S1)、白熟期 (2024 年 8 月 30 日) (S2)、半红期 (2024 年 9 月 13 日) (S3)、全红期 (2024 年 9 月 24 日) (S4) 时采摘, 每株随机摘取约 200 g, 总质量约 2 kg, 混匀, 观察果皮颜色, 测定表观性状。再及时剥离果肉, 与果核分别充分晒干, 前者在 50 °C 下烘干至恒重, 粉碎机粉碎, 过 40 目筛, 粉末置于干燥器中, 用于测定淀粉、可溶性糖含量。

1.1.3 种子 将“1.1.2”项下充分晒干后的果核破碎, 收集种子, 观察表皮颜色, 测定性状表

收稿日期: 2025-10-27

基金项目: 山东省高等学校中药质量控制与全产业链建设协同创新中心项目 (CYLXTCX2021-15); 山东中医药大学研究生提质创新课题 (YJSTZCX2025058)

作者简介: 房慧 (2000—), 女, 硕士, 研究方向为中药质量控制。E-mail: f19861658153@163.com

* 通信作者: 张龙霏 (1988—), 女, 实验师, 硕士生导师, 研究方向为中药质量控制。E-mail: zlfelf@126.com

王玲娜 (1990—), 女, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为中药质量控制。E-mail: wanglingna2021@163.com

征,在50℃下干燥至恒重,粉碎机粉碎,过40目筛,粉末置于干燥器中,用于测定活性成分含量。

1.2 仪器 安捷伦1260型高效液相色谱仪,配置紫外检测器、蒸发光散射检测器(美国安捷伦科技公司);KQ5200E型超声波清洗机(昆山市超声仪器有限公司);PL203型电子天平(千分之一)、XS105型电子天平(十万分之一)[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司];Eppendorf 5810R型离心机(德国Eppendorf公司);游标卡尺(百分之一)(徐州锐尔五金工具制造有限公司)。

1.3 试剂 斯皮诺素(批号A311B224722,纯度≥98%)、6"-阿魏酰斯皮诺素(批号JB309218,纯度≥98%)、酸枣仁皂苷A(批号JB265477,纯度≥98%)、酸枣仁皂苷B(批号JB269795,纯度≥98%)对照品(上海源叶生物科技有限公司)。乙腈、甲醇(优级纯,美国Tedia公司);甲酸(优级纯,天津科密欧化学试剂有限公司);可溶性糖含量(SS)、淀粉含量检测试剂盒(苏州格锐思生物科技有限公司)。

2 方法

2.1 外观性状测定

2.1.1 果实 随机抽取果实30个,肉眼观察表面颜色,游标卡尺测定横径和纵径,电子天平(千分之一)称定鲜重,计算果形指数,公式为果形指数=果实纵径/果实横径,取平均值。

2.1.2 果核 取脱去果肉后的30个果核,游标卡尺测量横径和纵径,充分晒干,电子天平(千分之一)称定质量,计算核形指数,公式为核形指数=果核纵径/果核横径,取平均值。

2.1.3 种子 将30个充分干燥后的果核破碎,取出种子,电子天平(千分之一)称定质量(部分果核具有2枚种子,计算总质量),计算出仁率,公式为出仁率=种子质量/果核质量。再用肉眼观察种皮颜色,游标卡尺测量横径、纵径和厚度,计算种形指数,公式为种形指数=种子纵径/种子横径,取平均值。

2.2 活性成分含量测定

2.2.1 果肉 采用蒽酮比色法,按照相关试剂盒说明书测定淀粉、可溶性糖含量。

2.2.2 种子

2.2.2.1 对照品溶液制备 精密称取各对照品适量,甲醇溶解后定容,制成分别含斯皮诺素0.990 mg/mL、6"-阿魏酰斯皮诺素1.090 mg/mL、酸枣仁皂苷A 0.960 mg/mL、酸枣仁皂苷B 0.950 mg/mL

的溶液,0.22 μm微孔滤膜过滤,即得,在4℃下保存,实验时制成系列质量浓度。

2.2.2.2 供试品溶液制备 精密称取种子粉末1.0 g,置于具塞锥形瓶中,精密加入10 mL甲醇,密塞,称定质量,超声(500 W、40 kHz、30℃)处理60 min,放冷,甲醇补足缺失的质量,摇匀,12 000 r/min离心15 min,取上清液,0.22 μm微孔滤膜过滤,取续滤液,即得。

2.2.2.3 色谱条件 Aglient TC-C₁₈色谱柱(250 mm×4.6 mm,5 μm);流动相0.1%甲酸(A)-乙腈(B),梯度洗脱(0~10 min,12%~19% B;10~20 min,19%~23% B;20~30 min,23%~35% B;30~40 min,35%~45% B;40~50 min,45%~100% B;50~60 min,100%~12% B);体积流量1.0 mL/min;柱温30℃;检测波长280 nm;进样量20 μL;漂移管温度105℃;载气体积流量1.6 L/min。在上述色谱条件下,各活性成分色谱峰分离度良好。

2.2.2.4 线性关系考察 精密吸取系列质量浓度的对照品溶液适量,在“2.2.2.3”项色谱条件下进样测定。以对照品质量浓度为横坐标(X),峰面积为纵坐标(Y)进行回归,得方程分别为酸枣仁皂苷A $Y = 368.7X - 181.34$ ($R^2 = 0.9993$),线性范围0.033~0.096 mg/mL;酸枣仁皂苷B $Y = 304.17X - 141.45$ ($R^2 = 0.9993$),线性范围0.033~0.095 mg/mL;斯皮诺素 $Y = 1197.9X + 28.92$ ($R^2 = 0.9999$),线性范围0.044~0.247 mg/mL;6"-阿魏酰斯皮诺素 $Y = 1373.2X - 55.757$ ($R^2 = 0.9999$),线性范围0.049~0.272 mg/mL。

2.2.2.5 精密度试验 精密吸取系列质量浓度的对照品溶液适量,在“2.2.2.3”项色谱条件下进样测定6次,测得酸枣仁皂苷A、酸枣仁皂苷B、斯皮诺素、6"-阿魏酰斯皮诺素峰面积RSD分别为1.38%、1.28%、0.38%、0.10%,表明仪器精密度良好。

2.2.2.6 重复性试验 取种子(S3)适量,按“2.2.2.2”项下方法平行制备6份供试品溶液,在“2.2.2.3”项色谱条件下进样测定,测得酸枣仁皂苷A、酸枣仁皂苷B、斯皮诺素、6"-阿魏酰斯皮诺素峰面积RSD分别为0.89%、1.20%、0.96%、0.38%,表明该方法重复性良好。

2.2.2.7 稳定性试验 取种子(S3)适量,按“2.2.2.2”项下方法制备供试品溶液,于0、2、4、8、12、24 h在“2.2.2.3”项色谱条件下进样

测定,测得酸枣仁皂苷 A、酸枣仁皂苷 B、斯皮诺素、6''-阿魏酰斯皮诺素峰面积 RSD 分别为 0.66%、1.33%、0.39%、0.11%,表明溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.2.2.8 加样回收率试验 取各活性成分含量已知的种子 6 份,每份约 0.25 g,精密称定,按 100% 水平加入对照品,按“2.2.2.2”项下方法制备供试品溶液,在“2.2.2.3”项色谱条件下进样测定,计算回收率。结果,酸枣仁皂苷 A、酸枣仁皂苷 B、斯皮诺素、6''-阿魏酰斯皮诺素平均加样回收率分别为 112.98%、96.96%、112.44%、91.25%,RSD 分别为 2.17%、3.36%、1.81%、3.09%。

2.3 数据分析 通过 SPSS 25.0 软件进行处理,Origin 2022 软件进行绘图。

3 结果

3.1 果实、种子表观性状

3.1.1 外观颜色 图 1 显示,随着采收时间延迟果实外观基本定型,呈椭圆形或卵圆形,颜色由浅绿色转变为绿白色、红绿或浅红色,最终呈全红色,表面光亮度逐渐增加;种子外观也基本定型,

呈扁圆形或扁椭圆形,表面光滑,颜色逐渐由黄棕色转变为红棕色,光亮度逐步增强。

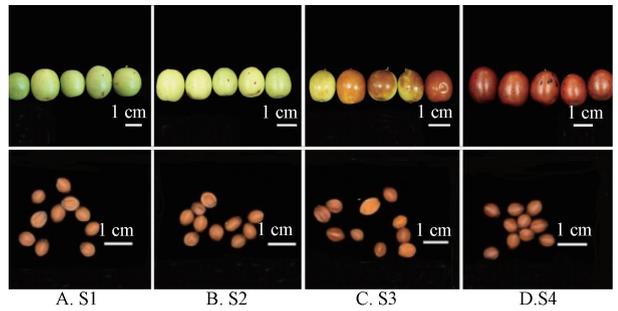


图 1 酸枣果实、种子外观颜色

3.1.2 表观性状 表 1 显示,随着采收时间延迟果实横径、纵径、鲜重均有逐步升高的趋势,在全红期达到最大值,果核横径、纵径、干重及种子横径、纵径、厚度、干重亦然。另外,虽然果实进入全红期后种子质量仍在持续增加,即适当延迟采收有助于提高药材产量,但其主要增长期在半红期前,为了避免增加果实脱落或霉变的风险,不应过度延迟采收以追求微量增长。

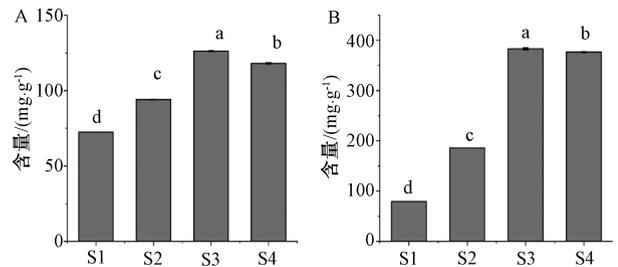
表 1 不同采收时间酸枣果实、种子表观性状比较 ($\bar{x} \pm s$)

表观性状	S1	S2	S3	S4
果实横径/mm	12.767±0.332 ^c	13.489±0.037 ^{bc}	13.675±0.628 ^b	15.916±0.331 ^a
果实纵径/mm	13.722±0.509 ^b	13.902±0.096 ^b	14.930±0.529 ^a	15.024±0.348 ^a
果形指数	1.072±0.027 ^a	1.034±0.009 ^b	1.092±0.013 ^a	0.946±0.004 ^c
果实鲜重/g	0.363±0.048 ^c	0.442±0.022 ^{bc}	0.512±0.061 ^b	0.651±0.045 ^a
果核横径/mm	7.693±0.116 ^b	7.775±0.418 ^{ab}	8.184±0.072 ^a	8.196±0.014 ^a
果核纵径/mm	8.977±0.398 ^b	8.981±0.375 ^b	9.163±0.180 ^{ab}	9.617±0.141 ^a
核形指数	1.174±0.040 ^a	1.166±0.055 ^a	1.131±0.021 ^a	1.183±0.016 ^a
果核干重/g	0.254±0.033 ^a	0.277±0.023 ^a	0.278±0.033 ^a	0.282±0.025 ^a
种子横径/mm	4.806±0.210 ^b	4.890±0.177 ^b	4.903±0.023 ^b	5.169±0.117 ^a
种子纵径/mm	6.087±0.051 ^b	6.220±0.070 ^b	6.233±0.184 ^b	6.725±0.173 ^a
种子厚度/mm	2.465±0.174 ^b	2.694±0.124 ^{ab}	2.850±0.051 ^a	2.873±0.027 ^a
种形指数	1.270±0.050 ^a	1.277±0.052 ^a	1.278±0.042 ^a	1.304±0.056 ^a
种子干重/g	0.027±0.005 ^c	0.038±0.002 ^b	0.048±0.001 ^a	0.049±0.004 ^a
种子果核干重比	0.123±0.027 ^b	0.137±0.015 ^b	0.175±0.015 ^a	0.177±0.004 ^a

注:不同小写字母表示有显著差异 ($P < 0.05$)。

3.2 果肉淀粉、可溶性糖含量 图 2 显示,随着采收时间延迟淀粉、可溶性糖含量均呈先升后降的趋势,在半红期达到最大值;果实膨大后期两者含量相近,而全红期可溶性糖含量远高于淀粉含量;全红期淀粉含量低于半红期,而半红期可溶性糖含量最高且与全红期相近,提示随着果实成熟淀粉含量下降速度较快,可能有一部分转化为可溶性糖。

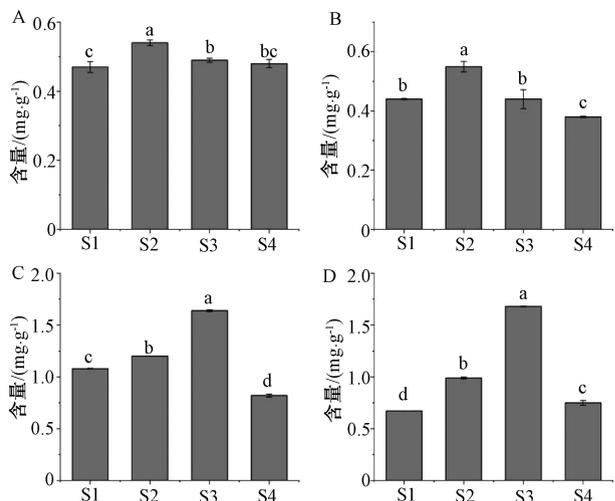
3.3 种子活性成分含量 图 3 显示,随着采收时间延迟酸枣仁皂苷 A、酸枣仁皂苷 B 含量呈先升后降的趋势,峰值出现在白熟期;斯皮诺素、6''-阿



注:不同小写字母表示有显著差异 ($P < 0.05$)。

图 2 成熟期间酸枣果肉淀粉 (A)、可溶性糖 (B) 含量变化 ($n=3$)

魏酰斯皮诺素含量变化趋势亦然,但峰值有所延后,在半红期达到最大值。研究表明,酸枣仁主要药用成分的动态积累存在显著差异,而且最佳采收期因目标成分不同而有所差异,其中皂苷类成分(酸枣仁皂苷A、酸枣仁皂苷B)在白熟期即达到积累峰值,此后逐渐降解或转化,而斯皮诺素、6"-阿魏酰斯皮诺素在半红期才达到最高水平,表明此类成分合成或积累周期更长,导致峰值期延后。因此,需根据酸枣仁具体用途来精确定采收期,以实现特定活性成分的最大化获取,从而保障该药材的最终质量与疗效。



注: A~D 分别为酸枣仁皂苷 A、酸枣仁皂苷 B、斯皮诺素、6"-阿魏酰斯皮诺素。不同小写字母表示有显著差异 ($P < 0.05$)。

图 3 酸枣果实成熟期间种子活性成分含量变化 ($n=3$)

4 讨论与结论

在酸枣仁生产过程中,需统筹兼顾质量与产量之间的协同关系,前者是药材首要属性,也是决定药材能否满足药用标准的根本前提,若不达标则失去药用价值,后者亦无从谈起,而后者是实现经济效益的基础^[12]。研究显示,酸枣仁含有皂苷类、黄酮类等活性成分^[13],其中斯皮诺素及酸枣仁皂苷 A 备受关注,同时也是 2020 年版《中国药典》规定的重要质量指标,但市售酸枣仁中两者含量经常不达标,尤其是斯皮诺素^[14-15],故应采取有效措施进行调控,在保证酸枣仁质量的前提下取得较高的经济效益,是维持相关产业可持续健康发展的必由之路。另外,药用器官的发育时期与采收时间密切相关,决定着药材产量和质量^[16-17],关于酸枣仁的最佳采收期虽已有大量研究,但至今尚未形成统一结论^[18-21],并且均以采收时间为基础,没有关注果实的发育时期,两者未联系起来,导致所得结论在产区、栽培条件不同时参考价值不大。

为了进一步明确果实发育、采收时间与产量、活性成分含量之间的关系,课题组于 8~9 月在山东东营酸枣果实成熟期间的膨大后期、白熟期、半红期、全红期 4 个关键时间点采样,观察果实、果核、种子表观性状变化,测定果肉中淀粉、可溶性糖含量及种子中酸枣仁皂苷 A、酸枣仁皂苷 B、斯皮诺素、6"-阿魏酰斯皮诺素含量,发现在果实膨大后期果实、种子外形基本定型,果皮颜色逐渐由浅绿色转变至全红色,种皮由黄棕色转变为红棕色,果皮、种皮光亮度也逐步增强,种子质量在半红期基本达到峰值;果肉中淀粉、可溶性糖含量先升后降,均在半红期达到峰值,而可溶性糖含量升高速率大于淀粉,但降低速率更小,提示成熟后期部分淀粉转化为可溶性糖;种子中 4 种活性成分含量先升后降,其中酸枣仁皂苷 A 与酸枣仁皂苷 B、斯皮诺素与 6"-阿魏酰斯皮诺素变化趋势基本一致,前者峰值出现在白熟期,后者峰值出现在半红期。目前,酸枣仁中含量不达标的活性成分主要为斯皮诺素,综合考虑产量、质量变化情况,建议该药材适宜采收期为果实发育的半红期。

参考文献:

- [1] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志(第 48 卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1982: 135.
- [2] 郝铁山, 郝广清. 酸枣的经济价值与栽培管理技术[J]. 河北林业科技, 1995(1): 41-44.
- [3] 李园, 邓昕, 黄成, 等. 酸枣仁炮制的历史沿革、化学成分和药理作用研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报, 2025, 27(4): 215-220.
- [4] 黄红, 吕静薇, 陈颖, 等. 我国中药健康产品管理及市场概况[J]. 中草药, 2021, 52(3): 902-908.
- [5] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2025 年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2025: 394-395.
- [6] 李莉. 让古老的“东方睡果”伴您入眠[J]. 中医健康养生, 2024, 10(9): 30-32.
- [7] 宫丽, 解军波, 赖长江生, 等. 酸枣仁及其副产物综合利用的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(3): 222-230.
- [8] 张辰辰, 杨光. 濒危中药材管理现状问题与对策探讨[J]. 中国中药杂志, 2025, 50(14): 4081-4088.
- [9] 王文青, 王斌, 王建忠. 大健康背景下加快我国酸枣仁产业发展的策略[J]. 中药材, 2023, 46(7): 1591-1594.
- [10] 陈佳昕, 史鑫波, 唐志书, 等. 不同采收时间野生酸枣与野生抚育酸枣各部位化学成分含量变化研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2023, 30(11): 132-137.
- [11] 薛幸嫔, 田怡, 马栋, 等. 《中华人民共和国药典》收录的 3 种大黄品质评价的历史考证与现代研究[J]. 中华中医药学刊, 2024, 42(12): 109-116; 289.

- [12] 魏 锋, 程显隆, 荆文光, 等. 中药材及饮片质量标准研究有关问题思考[J]. 中国药学杂志, 2022, 57(18): 1493-1503.
- [13] 曲 彤, 耿飞飞, 李 宁, 等. 酸枣仁的化学成分、药理作用和临床应用研究进展[J]. 药学前沿, 2024, 28(9): 98-108.
- [14] 祝洪艳, 张力娜, 唐 姗, 等. HPLC法测定3个产地酸枣仁中斯皮诺素和酸枣仁皂苷A、B的含量[J]. 药物分析杂志, 2015, 35(12): 2099-2104.
- [15] 周赛男, 陈安家, 郭宝林, 等. 不同产区酸枣仁中斯皮诺素、6"-阿魏酰斯皮诺素、酸枣仁皂苷A、酸枣仁皂苷B的含量测定[J]. 中草药, 2019, 50(11): 2712-2717.
- [16] 张 晶, 魏胜利, 李 娇, 等. 不同生长年限与采收期对金荞麦药材产量与质量的影响[J]. 中国现代中药, 2021, 23(3): 501-505; 535.
- [17] 刘锦芮, 赖长江生, 梁 嫌, 等. 中药采收期的机理与控制方法的研究进展[J]. 中药材, 2022, 45(8): 2019-2025.
- [18] 郭 慧, 崔莹莹, 焦梦娇, 等. 酸枣仁中酸枣仁皂苷A、B及斯皮诺素的动态研究[J]. 广州化工, 2016, 44(7): 80-81; 90.
- [19] 姜 涛, 刘灵娣, 温春秀, 等. 不同采收时期酸枣品质的积累规律[J]. 河北农业科学, 2022, 26(2): 46-50.
- [20] 张润红, 肖 静, 王广菊. 采摘时间对甘肃庆阳产区酸枣仁品质的影响[J]. 食品安全导刊, 2024(13): 34-38.
- [21] 王群葆, 李晓光, 刘 涛, 等. 基于HPLC-ELSD方法对不同采收期酸枣仁质量分析[J]. 河北省科学院学报, 2025, 42(1): 61-65.

药事管理暨中药科学监管栏目征稿公告

国家药监局发布的《关于促进中药传承创新发展的实施意见》提出, 鼓励运用现代科学技术和传统中医药研究方法, 深入开展中药监管科学研究。根据国家中药科学监管大会精神的新要求, 进一步加强药品监管和政策法规的研究。《中成药》期刊即日起, 增设药事管理栏目, 以满足相关领域读者阅读学习和作者撰稿交流的需要, 特发布征稿公告。

(一) 征稿稿件的内容:

- (1) 与药事管理暨中药监管科学相关的政策与法规, 如药监政策法规、卫生政策法规、医疗保险政策、医药产业政策等的研究与解读。
- (2) 药事管理法规在药品研制、生产、流通、使用等领域应用的理论探讨和实践经验总结。
- (3) 药事管理技术方法的介绍与效果评价。
- (4) 中药科学监管工作发展的展望及其他相关内容等。

(二) 征稿要求:

- (1) 文稿主题明确、内容精练、文字通顺。
- (2) 文稿内容应具备思想性、科学性、新颖性、逻辑性、实用性、伦理性。
- (3) 文稿书写格式请参阅国家有关科技论文的标准, 一般不要超过6000字。

投稿: 请登陆 <http://www.zcyjjournal.com> 或 <http://zcy.cbpt.cnki.net> 进行线上投稿。

联系地址: 上海市黄浦区福州路107号206室《中成药》编辑部

邮编: 200002

电话: (021) 63213275

E-mail: zcy.med@foxmail.com

QQ: 1242130380