DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.06.027

基于 AHP－CRITIC 权重分析法的药用大黄趁鲜切制工艺研究

薛佩芸[1],任杰[2],李莎莎[1],郭冬[1],李帆[2],缑慧君[2],张红[1]
(1.陕西省中医药研究院,陕西 西安 710003;2.汉中市食品药品检验检测中心,陕西 汉中 723007)

摘要:目的 采用层次分析法(analytic hierarchy process,AHP)－CRITIC 权重法优选药用大黄趁鲜切制工艺。方法 以水溶性浸出物、总蒽醌量及游离蒽醌量为化学成分质控指标,结合性状评分、干燥时间及能耗等工艺参数,采用AHP－CRITIC 权重分析法对不同工艺制备的药用大黄饮片进行综合评价,筛选最佳工艺条件。结果 性状评分结果显示,S1～S3 样品组均以 X3～X6 号饮片性状最佳。不同切制工艺对药用大黄饮片化学成分含量差异影响较大,其中游离蒽醌含量差异最为显著。通过综合评价结果显示,S1 样品组中,X3～X7＞C,且 X3～X7 单独具为一类,提示不同药材组存在质量差异;S2 组中 X4～X8＞C,其中 X4～X6 具为一类,S3 组中 X2～X7＞C,其中 X4～X7 号具为一类,提示组内存在质量差异。结论 药用大黄趁鲜切制最佳工艺为:鲜品预处理后切 3 cm 厚段,干燥至含水率为 47%～59%,切 5 mm 厚片,60 ℃烘干。相较于传统工艺,趁鲜切制工艺具有工序简单、省时节能、有效成分含量高等优点,该方法在药用大黄饮片生产上具有可行性。

关键词:药用大黄;趁鲜切制;层次分析法;CRITIC 法;总蒽醌;游离蒽醌
中图分类号:R282.71 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2026)06-0152-07

Optimization of Dahuang(*Rheum officinale* Baill.) Fresh－Cut Processing Research Based on Analytic Hierarchy Process and CRITIC Method

XUE Peiyun[1],REN Jie,LI Shasha[1],GUO Dong[1],LI Fan[2],GOU Huijun[2],ZHANG Hong[1]
(1. Shaanxi Academy of Traditional Chinese Medicine,Xi'an 710003,Shaanxi,China;
2. Hanzhong Food and Drug Inspection and Testing Center,Hanzhong 723007,Shaanxi,China)

Abstract:*Objective* To optimize the fresh－cut process of Dahuang(*Rheum officinale* Baill.) using analytic hierarchy process(AHP)－CRITIC method. *Method* Taking the total amount of water soluble extract,total anthraquinone and free anthraquinone as the chemical composition quality control indicators,AHP－CRITIC analysis was used to comprehensively score and analyze Dahuang(*Rheum officinale* Baill.) decoction pieces,combined with process parameters such as trait scoring,drying time and energy consumption,prepared by different processes and screen for the best process conditions. *Result* The appearance traits scoring results showed that the S1－S3 sample groups all had the best trait of X3－X6 decoction pieces. Different cutting techniques had a significant impact on the chemical composition of Dahuang(*Rheum officinale* Baill.) decoction pieces,with the most significant difference being the content of free anthraquinone. According to the comprehensive evaluation results,in the S1 sample group,X3－X7＞C,and X3－X7 was a unique group,indicating that there were quality differences among different medicinal herb groups. In group S2,X4－X8＞C,with X4－X6 clustered into one group. In group S3,X2－X7＞C,with X4－X7 clustered into one group,indicating a quality difference within the group. *Conclusion* Dahuang(*Rheum officinale* Baill.) with a thickness of 3 cm,dried to a moisture content of 47%－59%,cut 5 mm thick slices,and dried at 60 ℃. Compared with traditional techniques,the fresh cutting process has the advantages of simple procedures,time－saving and energy－saving,and high content of effective ingredients. This method is the best way to cut while fresh and has feasibility in the production of Dahuang(*Rheum officinale* Baill.) decoction pieces

Keywords:Dahuang(*Rheum officinale* Baill.);fresh－cut process;analytic hierarchy process;CRITIC method;total anthraquinone;free anthraquinone

---

基金项目:国家中医药管理局科技项目(GZY－KJS－2023－036);陕西省科学技术厅重点研发项目(2024SF2－GJHZ－52);陕西省中医药管理局中医药全省性专款专项(2021－QYZL－01);陕西省卫生健康高层次人才(团队)培养计划项目
作者简介:薛佩芸(1994－),女,陕西西安人,研究实习员,硕士,研究方向:中药质量评价及药效物质基础。
通讯作者:张红(1976－),女,陕西西安人,研究员,硕士研究生导师,博士,研究方向:中药药效物质基础。E-mail:zhanghong919919@163.com。

药用大黄为蓼科植物 *Rheum officinale* Baill. 的干燥根和根茎。具有泻下攻积,清热泻火,凉血解毒等功效[1]。主产于陕西、四川、湖北等地的海拔 1200 ~ 4000 m 高山上[2-3],药用大黄鲜品块茎大、含水量高,传统将其切瓣或段,经烟熏数月或间歇性烘干 100 h 以上得药用大黄粗加工品,再经润洗、切制等步骤得大黄饮片[4-7]。以此加工存在诸多问题:①工序繁琐,耗时耗能;②无标准化操作,药材质量不均一,品相差;③干燥不及时或不完全产生霉变、糠心;④干燥及回润时间长,有效成分流失。

2021 年,国家药品监督管理局发布《关于中药饮片生产企业采购产地加工(趁鲜切制)中药材有关问题的复函》,各省开展产地趁鲜切制试点工作。2022 年陕西省药品监督管理局发布《陕西省趁鲜切制药材品种目录(第一批)》[8],大黄作入选首批,开展趁鲜切制加工规程工作。其间丹参、黄芩、黄芪等多种药材均被证实趁鲜切制可行性[9-11]。

基于传统加工过程中存在的问题,同时结合药材本身特性,药用大黄趁鲜加工具有一定适用性。通过课题组前期预实验及对药用大黄趁鲜切制工序探讨,采收后趁鲜刮去粗皮 - 切 3 cm 厚段 - 干燥至适宜程度 - 切厚片 - 再干燥,得药用大黄鲜切片。以性状评分、浸出物、总蒽醌量及游离蒽醌量为质量评价的关键指标,采用层次分析 - CRITIC 法对其进行综合赋权,结合干燥时间和能耗等工艺参数,优选药用大黄趁鲜切制工艺。以期为药用大黄趁鲜切制替代传统加工的合理性与可行性提供依据。

1 仪器与试药

仪器:Agilent1260 高效液相色谱仪[安捷伦科技(中国)有限公司];Sartorius SQP 十万分之一天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司);101 型电热鼓风干燥箱(重庆四达试验设备有限公司);JDZN - PL - 28P 智能烘干设备(河南玖德智能设备有限公司,功率:19.4 kW);QF - 730 何首乌切片机(中国安徽岳西县前锋机器厂)。

对照品芦荟大黄素(批号:110795 - 202011,纯度:97.5%)、大黄酸(批号:110757 - 202308,纯度:95.0%)、大黄素(批号:110756 - 201913,纯度:96.0%)、大黄酚(批号:110796 - 202423,纯度:99.8%)及大黄素甲醚(批号:110758 - 202218,纯度:98.9%)均购自中国食品药品检定研究院;甲醇、磷酸均为色谱纯、水为娃哈哈纯净水,其他试剂均为分析纯;3 批三年生药材均采自陕西汉中,经汉中市食品药品检验检测中心许雪峰副主任药师鉴定均为蓼科植物药用大黄 *Rheum officinal* Baill. 的新鲜根及根茎。产地信息见表 1。

表 1 产地信息

批号	地点	海拔/(m)	经纬度/(°)
S1	镇巴县长岭镇新房坪村	1 419.70	107.90,32.42
S2	镇巴县盐场镇响洞村	1 299.81	108.03,32.22
S3	镇巴县永乐镇新时村	1 622.21	107.50,32.55

2 实验方法与结果

2.1 药用大黄饮片制备

取药用大黄鲜品,清理泥沙,除去茎叶残枝非药用部分,刮去粗皮,切 3 cm 厚段,稍晾晒后,40 ℃干燥 - 发汗 - 再干燥,重复上述操作直至药材完全烘干,风选除杂,得药用大黄粗加工品;取药用大黄粗加工品净选,润透,切 2 ~ 4 mm 厚片,60 ℃烘干,即得药用大黄传统饮片 C。洗净沥水至无明显水珠;切 3 cm 厚段,在 40 ℃下干燥过程中,分别于 0、12、18、24、28、32、36、48 h 取样,测定含水率,二次切制,厚度 5 mm,60 ℃烘干,分别得药用大黄鲜切片 X1 ~ X8。

2.2 干燥时间及能耗监测

饮片加工生产中关键因素是时间和能耗。因此记录干燥时间(t),计算含水率(W)及能耗(E)是趁鲜切制工艺评价的关键指标。其中 W 及 E 的计算公式如下,结果表 2、插页XXX图 1。

$$含水率(W):W=\frac{mt-m0}{mt} \quad (1)$$

$$能耗(E):E=P_t * t \quad (2)$$

其中 mt 为 t 时刻切片的质量,m0 为切片干物质的质量。P_t 为设备功率,单位为 kW;t 为干燥时间,单位为 h。

表 2 药用大黄饮片制备参数

序号	厚段干燥时间/(h)	含水率/(%)	是否闷润	闷润时间/(h)	饮片干燥时间/(h)	总耗时/(h)	总耗能/(kWh)
X1	0	74.61 ± 1.48	否	/	8.0	8.00	155.20
X2	12	70.35 ± 3.12	否	/	7.5	19.50	378.30
X3	18	66.08 ± 3.60	否	/	7.0	25.00	485.00
X4	24	59.32 ± 3.40	否	/	6.5	30.50	591.70
X5	28	56.98 ± 3.02	否	/	6.5	34.50	669.30
X6	32	52.50 ± 4.16	否	/	6.0	38.00	737.20
X7	36	47.34 ± 2.94	是	/	5.5	41.50	805.10
X8	48	39.57 ± 5.05	是	0.10	5.0	53.10	1 028.20
C	120	7.77 ± 0.32	是	12.00	5.0	137.00	2 425.00

注:总耗能(E)计算中干燥时间 t =(总耗时 - 闷润时间)。

由以上图表可知,趁鲜加工过程中,随着 t 增长,W 降低,E 增高。但相较于传统工艺,趁鲜加工可大大缩短产地干燥时间,减少或避免闷润时间和次数,节能减耗,加快饮片生产过程。说明大黄趁鲜加工具有可行性。

2.3 性状评价

根据《中华人民共和国药典》2020 年版[1]大黄饮片性状描述,观察不同切制条件下鲜切片外观性状,主要包括断面颜色及平整度,此外还应考虑切片过程难易程度及饮片得率。按照上述要求拟定以下评分标准(见表 3)并进行打分评价,结果见表 4。

X1、X2 卷边现象严重,片型效果不佳。X8 难以切制,需多一步浸润工序且成品率低。其中以 X3 ~ X7 切制工艺条件下药用大黄饮片性状为佳。

2.4 水溶性浸出物、总蒽醌及游离蒽醌含量测定

参照《中华人民共和国药典》2020 年版[1]大黄质控指标,选取水溶性浸出物,总蒽醌及游离蒽醌[均以芦荟大黄素($C_{15}H_{10}O_5$)、大黄酸($C_{15}H_8O_6$)、大黄素($C_{15}H_{10}O_5$)、大黄酚($C_{15}H_{10}O_4$)和大黄素甲醚($C_{16}H_{12}O_5$)的总量计]共同评价药用大黄饮片质量,混合对照品及样品的 HPLC 色谱图见图 2,结果见表 5。

表 3 药用大黄饮片性状评分标准

	描述	打分
药材质地	质脆,易于折断,便于切制,无卷刀现象发生	1.0
	边缘质地紧实,中心柔韧,不易折断,易于切制,稍有卷刀现象发生	0.8
	边缘质地坚实,中心稍松软,较难切制,需稍作焖润,卷刀现象有时发生	0.6
	质硬,难以折断,不易于切制,需要作焖润,卷刀现象时常发生	0.4
横切面颜色	黄棕色至淡红棕色	1.0
	黄棕色至棕褐色	0.8
	棕黄色至黄棕色	0.6
饮片平整性	较平坦,卷边现象轻	1.0
	不太平坦,卷边现象时有发生	0.8
	不平坦,卷边现象严重	0.6
饮片完整度	完整,几乎无破碎	1.0
	较为完整,破碎者较少	0.8
	较多不完整,破碎者较多	0.6
	大多不完整,破碎者多	0.4

结果显示,除 S2 组中 X1 号总蒽醌含量及游离蒽醌含量、S3 组中 X1 号总蒽醌及 X8 号总蒽醌含量不符合《中华人民共和国药典》外,其他指标均符合规定。因此以 X2 ~ X7 切制工艺条件下药用大黄饮片质量为佳。

综上所述,与传统工艺相比较,鲜切工艺不仅能缩短干燥时间、降低能耗,还可有效保留化学成分含量,由此可见鲜切工艺适用于药用大黄饮片制备。性状评价结果显示,以 X3 ~ X7 号切制工艺条件饮片性状为佳,而三项化学成分指标结果显示 X2 ~ X7 号切制工艺条件为质量最佳,二者综合考虑,初步优选 X3 ~ X7 号切制工艺条件为最佳。

3 结果分析

3.1 单因素方差分析

考虑 S1 ~ S3 各组间原药材质量差异、鲜切过程中指标性成分含量持续变化及鲜切工艺与传统工艺条件制备下饮片质量差异。运用 SPSS 软件,对 S1 ~ S3 样品组中水溶性浸出物、总蒽醌及游离蒽醌含量分别进行方差分析。

结果显示,S1 ~ S3 样品组中,3 种指标在各自组内差异均存在统计学意义($P < 0.05$),平均值图(见插页XXIX图 3)显示。趁鲜切制过程中 3 组指标均呈现先升高后降低的趋势,其中 X4 ~ X7 中 3 组指标均高于 C 组。

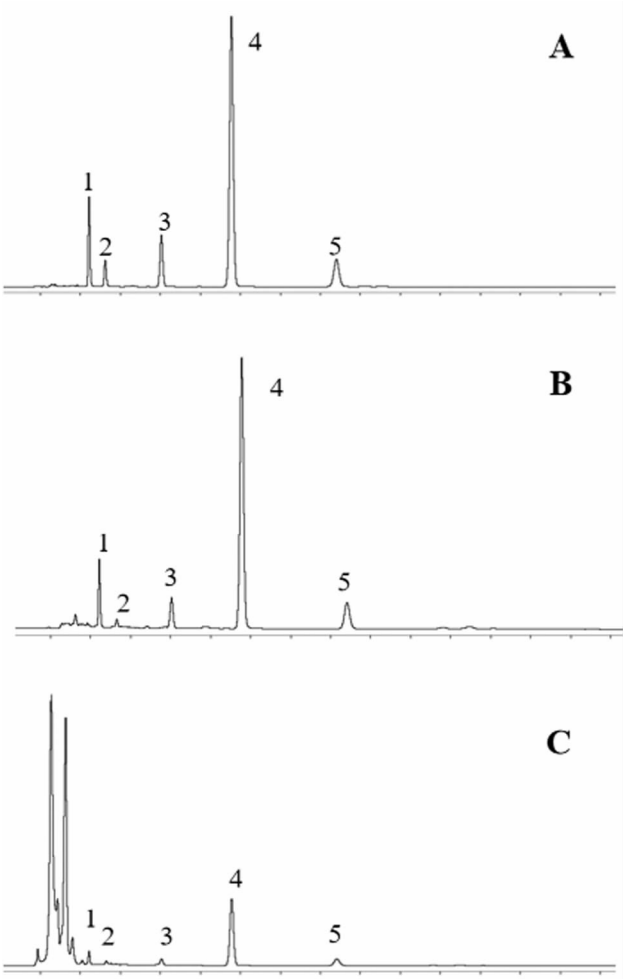
表 4 各组性状评分打分结果

序号	性状特征	打分结果/(分,$\bar{x} \pm s$)		
		S1	S2	S3
X1	质脆,便于切制,无卷刀现象发生;切面棕黄色;饮片不平坦,卷边现象严重且较多不完整,破碎者多	2.83 ± 0.06	2.83 ± 0.06	2.70 ± 0.00
X2		3.03 ± 0.15	2.87 ± 0.06	3.13 ± 0.21
X3	质脆,便于切制,无卷刀现象发生;切面棕黄色至黄棕色;饮片不太平坦但较为完整,卷边现象时有发生,破碎者较少	3.27 ± 0.12	3.10 ± 0.00	3.17 ± 0.06
X4	边缘质地紧实,中心柔韧,不易折断,易于切制,稍有卷刀现象发生;切面黄棕色;饮片较为完整但不太平坦,卷边现象时有发生,破碎者较少	3.37 ± 0.12	3.40 ± 0.10	3.37 ± 0.06
X5	边缘质地紧实,中心柔韧,不易折断,易于切制,稍有卷刀现象发生;切面黄棕色至淡红棕色;饮片较平坦、完整,卷边现象时有发生,几乎无破碎	3.43 ± 0.06	3.47 ± 0.06	3.43 ± 0.06
X6		3.53 ± 0.06	3.50 ± 0.00	3.60 ± 0.00
X7	边缘质地坚实,中心稍松软,较难切制,需稍作焖润,卷刀现象有时发生;切面黄棕色至淡红棕色;饮片较平坦但有较多不完整,卷边现象轻,破碎者较多	3.36 ± 0.23	3.30 ± 0.17	3.10 ± 0.00
X8	质硬,难以切制,需作焖润,卷刀现象时常发生;切面黄棕色至棕褐色;饮片较平坦但大多不完整,卷边现象轻,破碎者多	2.60 ± 0.20	2.50 ± 0.26	2.37 ± 0.06
C	质硬,难以切制,需作焖润,卷刀现象时常发生;切面黄棕色至淡红棕色;饮片较平坦但大多不完整,卷边现象轻,破碎者多	2.87 ± 0.06	2.87 ± 0.06	2.93 ± 0.06

表 5 饮片指标数据结果($n = 3$) 单位:%

序号	水溶性浸出物含量			总蒽醌含量			游离蒽醌含量		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
X1	46.78 ± 0.81^{c}	41.15 ± 1.85^{b}	38.47 ± 1.66^{c}	1.78 ± 0.12^{b}	1.31 ± 0.07^{b}	1.44 ± 0.06^{b}	0.40 ± 0.09^{c}	0.31 ± 0.01^{b}	0.36 ± 0.04^{b}
X2	48.22 ± 1.11^{bc}	41.75 ± 1.04^{b}	40.18 ± 2.56^{c}	1.96 ± 0.21^{b}	1.66 ± 0.16^{ab}	1.62 ± 0.04^{a}	0.49 ± 0.08^{c}	0.36 ± 0.01^{b}	0.40 ± 0.02^{b}
X3	51.69 ± 1.11^{b}	45.29 ± 1.71^{ab}	45.02 ± 1.90^{b}	2.16 ± 0.15^{ab}	1.69 ± 0.20^{a}	1.60 ± 0.08^{ab}	0.63 ± 0.06^{bc}	0.38 ± 0.07^{b}	0.48 ± 0.06^{b}
X4	58.37 ± 0.87^{a}	49.23 ± 0.36^{a}	51.77 ± 1.48^{a}	2.32 ± 0.03^{a}	1.79 ± 0.08^{a}	1.69 ± 0.05^{a}	0.67 ± 0.04^{bc}	0.61 ± 0.06^{a}	0.64 ± 0.03^{ab}
X5	50.68 ± 1.93^{bc}	47.36 ± 1.88^{ab}	47.12 ± 1.43^{b}	2.12 ± 0.03^{ab}	1.78 ± 0.21^{a}	1.67 ± 0.02^{ab}	0.73 ± 0.02^{bc}	0.59 ± 0.01^{ab}	0.63 ± 0.01^{ab}
X6	50.22 ± 1.50^{ab}	47.10 ± 4.29^{ab}	46.55 ± 1.82^{b}	2.03 ± 0.15^{ab}	1.84 ± 0.05^{a}	1.58 ± 0.03^{ab}	0.86 ± 0.11^{ab}	0.59 ± 0.11^{ab}	0.62 ± 0.17^{ab}
X7	55.95 ± 1.27^{ab}	43.86 ± 3.41^{ab}	43.13 ± 0.22^{bc}	2.04 ± 0.07^{ab}	1.67 ± 0.12^{a}	1.65 ± 0.02^{ab}	1.07 ± 0.03^{a}	0.72 ± 0.13^{a}	0.82 ± 0.13^{a}
X8	48.91 ± 3.63^{bc}	43.01 ± 2.16^{ab}	44.08 ± 1.04^{bc}	1.98 ± 0.11^{b}	1.84 ± 0.08^{a}	1.33 ± 0.18^{b}	0.78 ± 0.17^{b}	0.58 ± 0.10^{ab}	0.40 ± 0.05^{b}
C	42.83 ± 0.87^{c}	36.12 ± 0.19^{b}	45.15 ± 0.24^{b}	1.99 ± 0.06^{ab}	1.71 ± 0.02^{a}	1.58 ± 0.13a^{b}	0.62 ± 0.03^{bc}	0.52 ± 0.05^{ab}	0.49 ± 0.05^{b}

注:同列数值后不同字母 a ~ c 表示同一处理间差异达到 5% 显著水平。



注:1. 芦荟大黄素;2. 大黄酸;3. 大黄素;4. 大黄酚;5. 大黄素甲醚。

图 2 混合对照品(A)、总蒽醌样品(B)及游离蒽醌样品(C)HPLC 图

事后两两比较,Games - Howell 检验结果显示。S1 组中,与 X1 比较,X3,X4,X6、X7 水溶性浸出物含量显著增高,X6、X7 游离蒽醌显著增高;与 C 比较,X1 ~ X4 及 X6、X7 的水溶性浸出物显著增高,X4 总蒽醌含量显著增高,X7 游离蒽醌显著增高。S2 组中,与 X1 比较,X2 ~ X8 总蒽醌含量均显著增高,X2、X4、X5 游离蒽醌含量显著增高;与 C 比较,X2、X4、X5 水溶性浸出物含量显著增高。S3 组中,与 X1 比较,X4 ~ X6 水溶性浸出物含量显著增高,X4 总蒽醌含量显著增高,X4、X5 游离蒽醌显著增高;与 C 比较,X7 水溶性浸出物含量显著增高。

3.2 综合评分法分析

为实现主客观内在统一并确保数据评价结果科学、可信,选用 AHP - CRITIC 权重法相结合的主客观综合赋权,科学评价最佳实验条件[8]。

3.2.1 层次分析法权重(Vj) 运用 yaahp 软件,按照 AHP 判断矩阵标准[12-13],请同行专家及大黄饮片生产线工作人员对各项指标进行重要性评价,构建成对比较的判断优先矩阵,量化指标的相对重要程度,建立的层次顺序为游离蒽醌含量 = 总蒽醌含量 > 水溶性浸出物含量 > 性状评分,见表 6。根据和积法计算各指标的 Vj,得到随机一致性比率(CR) = 0.003 9 < 0.1,表明矩阵合理有效,权重系数可靠。

表 6 成对比较的判断优先矩阵

指标(Z)	性状评分($Z1$)	浸出物量($Z2$)	总蒽醌量($Z3$)	游离蒽醌量($Z4$)
性状评分(Z_1)	1	0.5	0.33	0.33
浸出物量(Z_2)	2	1	0.20	0.50
总蒽醌量(Z_3)	3	2	1	1
游离蒽醌量(Z_4)	3	3	1	1

3.2.2 CRITIC 权重(Wj) 为方便赋权计算,将各项指标预先进行标准化处理[14],指标标准化值 =(实测值 - 最小值)/(最大值 - 最小值)。导入 SPSS 软件进行归一化计算,得到各指标的权重系数 Wj,结果见表 7。

表 7 CRITIC 权重计算结果

指标(Z)	变异性	冲突性	信息量	权重/(%)
性状评分(Z_1)	0.275	1.728	0.475	33.15
浸出物量(Z_2)	0.239	1.254	0.300	20.92
总蒽醌量(Z_3)	0.221	1.369	0.303	21.14
游离蒽醌量(Z_4)	0.246	1.445	0.355	24.79

3.2.3 综合权重(Tj) 将以上两种计算方式所得权重系数综合考虑[15-16],按照以下公式计算综合权重(Tj),得到性状、浸出物、总蒽醌及游离蒽醌 4 个指标的综合权重分别为 15.27%、16.70%、31.31% 及 36.72%。

综合权重(Tj):

$$Tj = VjWj / \sum_{i=1}^{n} VjWj \quad (3)$$

综合评分值 $= Z_1/Z_1\max \times T_1 + Z_2/Z_2\max \times T_2 + Z_3/Z_3\max \times T_3 + Z_4/Z_4\max \times T_4$ (4)

计算样品综合评分并排序,结果见表 8。以 S1 样品组中,X3 ~ X7 > C;S2 组中 X4 ~ X8 > C;S3 组中 X2 ~ X7 > C,3 组结果共同显示 X4 ~ X7 > C7,X4 ~ X7 综合评分最高,可作为药用大黄鲜切工艺最佳条件。

表 8 药用大黄饮片综合评分排序(n = 3)

序号	S1		S2		S3	
	评分	排序	评分	排序	评分	排序
X1	62.45	9	51.46	9	53.63	9
X2	69.09	8	58.21	8	59.59	7
X3	78.21	5	61.42	7	63.61	5
X4	84.22	3	72.51	2	72.70	2
X5	81.48	4	71.62	4	71.19	3
X6	86.37	2	72.42	3	70.44	4
X7	93.19	1	72.90	1	74.99	1
X8	77.47	6	66.56	5	53.84	8
C	71.72	7	62.53	6	62.78	6

3.3 聚类分析

以含水率、性状评分、水溶性浸出物量、总蒽醌量、游离蒽醌量及综合评分值六项指标,将其导入微生物生信科研绘图平台(https://www.bioinformatics.com.cn/)进行聚类分析,采用

complete 法作为聚类模型识别模式,以 euclidean 距离度量方法对样品进行聚类,结果见插页XXX图 4,以 S1 组 X3 ~ X7 号单独具为一类,提示不同药材组存在质量差异;此外 S2 组中 X4 ~ X6 号具为一类,S3 组中 X4 ~ X7 号具为一类,提示组内存在质量差异。综合结果提示 X4 ~ X6 组可作为一类。

4 讨论

文献报道称,鲜药材干燥过程中可触发干旱胁迫、高温胁迫及物理化学变化等多种机制,继而影响药材活性成分变化[17-19]。本课题组发现,在药用大黄趁鲜加工过程中各项指标化学成分一直处于动态变化,推测可能原因是,在干燥初期,鲜药材仍具有“生命”,由于含水量逐渐降低造成干旱胁迫,引起的 ROS 损伤,促使次生代谢产物合成酶活化,各类次生代谢产物合成增加,因此浸出物含量、总蒽醌含量及游离蒽醌含量均逐渐升高。随着干燥时间增长,植物体受高温胁迫触发热应激反应,酶逐渐失活,此时高温下的降解反应占主导地位,导致成分含量开始下降[20-22]。且由于长时间加热使共价键断裂[23],促使结合蒽醌向游离蒽醌转化、游离蒽醌化合物升华,双指标均降低。

此外,张薇等[24]、屈义虎[25]的研究结果均表明,大黄药材上携带生长的菌株,棘孢曲霉菌株及黄曲霉菌株都可将结合型蒽醌转化为游离型蒽醌。其中黄曲霉菌株通过分泌糖苷酶实现生物转化。

本研究以水溶性浸出物、总蒽醌量及游离蒽醌量为化学成分质控指标,结合性状、干燥时间及能耗等工艺参数,优选药用大黄趁鲜切制工艺,简单、易行、严谨、科学。建立的 AHP - CRITIC 权重法对不同切制点制备的药用大黄饮片综合评价,以主客观数据相结合,既考虑实际生产又有翔实数据支撑,不仅弱化个人主观因素影响又扩大了 CRITIC 权重法的应用范围,多角度综合评价饮片质量。

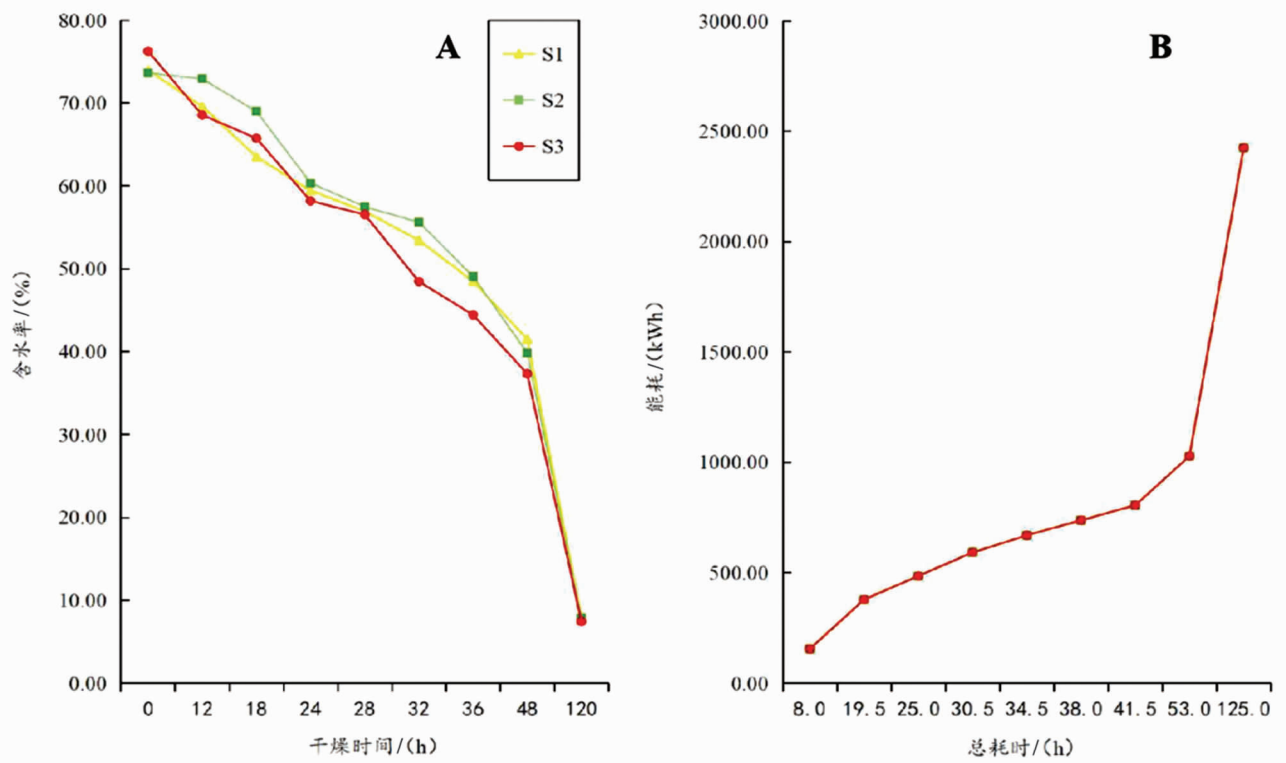
综合结果显示,以药用大黄鲜品预处理后切 3 cm 厚段,干燥至含水率为 47% ~59%,切 5 mm 厚片,60 ℃烘干,作为药用大黄趁鲜切制最佳工艺。该工艺制备下的药用大黄饮片性状与品质均优于传统加工方式,且较传统工艺不仅能减少工序、省时节能,还有助于有效成分保留。该方法在药用大黄饮片生产上具有可行性。

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,2020: 24 - 25,518.
[2] 中药大辞典编委会. 中药大辞典[M]. 北京: 人民卫生出版社,2006: 120 - 126.
[3] 郭权,王艳,徐世博,等. 大黄的本草考证[J]. 中南药学,2024,22(11): 2988 - 2993.
[4] 刘海华,艾伦强,龙祥云,等. 马蹄大黄产地初加工技术规程[J]. 现代农业科技,2018,(21): 255 - 256.
[5] 唐文文,李国琴,宋平顺,等. 大黄干燥方法研究[J]. 中草药,2013,44(4): 424 - 429.
[6] 任万明. 中药材产地初加工技术要点[J]. 农业科技与信息,2012(9): 63 - 64.
[7] 沈娜,陈垣,郭凤霞,等. 大黄干燥历史沿革及现代研究进展[J]. 中成药,2023,45(10): 3376 - 3381.
[8] 方碧陶. 陕西强化中药材产地趁鲜切制加工管理[J]. 中医药管理杂志,2024,32(2):39.
[9] 赵志刚,郜舒蕊,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.
[10] 张雪梅. 丹参、黄芩药材趁鲜加工关键技术与质量影响研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学,2021.
[11] 张婕,董安东,谢允东,等. 产地加工炮制一体化对黄芪质量的影响研究[J]. 时珍国医国药,2024,35(15): 3397 - 3404.
[12] 陈凤,张小燕,张跃进,等. 基于 AHP - CRITIC 法结合响应曲面法多指标优选天麻鲜切片加工工艺[J]. 中草药,2024,55(13): 4338 - 4349.
[13] 任天航,聂紫璇,廉婧,等. 层次分析法结合 Box - Behnken 响应面法优化炙黄芪炒制工艺[J]. 中华中医药学刊,2023,41(7): 208 - 213,278.
[14] 张佳旭,黄成凤,朱兴龙,等. 基于 CRITIC 结合 Box - Behnken 响应面法的厚朴产地趁鲜加工与炮制一体化工艺研究[J]. 中草药,2023,54(17): 5560 - 5567.
[15] 黄莉,杨磊,金凯,等. AHP - CRITIC 综合加权联用响应面法的蜜百合炮制工艺优选及颜色相关性分析[J]. 中草药,2024,55(18): 6174 - 6185.
[16] 郭福贵,兰子君,张月,等. 基于 AHP - CRITIC 权重分析法和热分析技术的小米炒党参炮制工艺研究[J]. 中华中医药学刊,2023,41(12):211 - 217,294 - 295.
[17] 孙怀竹,梁金玲,许天阳,等. 干燥对不同药用部位中草药化学成分影响的研究进展[J]. 中华中医药学刊,2025,43(2): 246 - 250.
[18] 喻芬,万娜,李远辉,等. 中药材干燥过程中的理化性质变化规律与机制分析[J]. 中草药,2021,52(7):2144 - 2153.
[19] QIN X Y,QIN B B,HE W,et al. Metabolomic and transcriptomic analyses of *Lycium barbarum* L. under heat stress[J]. Sustainability,2022,14(19): 12617.
[20] 李玉姗,邱勋荣,齐娅汝,等. 中药材干燥过程中的活性成分变化机制研究现状[J]. 中国中药杂志,2024,49(2): 315 - 324.
[21] OGBE A A,FINNIE J F,VAN STADEN J. The role of endophytes in secondary metabolites accumulation in medicinal plants under abiotic stress[J]. S Afr N J Bot,2020,134: 126 - 134.
[22] 沈娜. 干燥对掌叶大黄活性物质组分变化及其保肝活性的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学,2023.
[23] 谢好,齐娅汝,万娜,等. 中药材干燥过程中的皱缩机制、影响因素与调控策略[J]. 中草药,2022,53(9):2872 - 2881.
[24] 张薇,占纪勋,陈英杰,等. 刺囊毛霉对三种大黄游离蒽醌的生物转化研究[J]. 中国天然药物,2003(4): 27 - 31.
[25] 屈义虎. 药用大黄成分分析及结合型蒽醌类生物转化研究[D]. 汉中:陕西理工大学,2019.

基于 AHP－CRITIC 权重分析法的药用大黄趁鲜切制工艺研究

（正文见 152－156 页）



注：A. 干燥时间－含水率；B. 总耗时－能耗。

图 1　药用大黄饮片制备参数

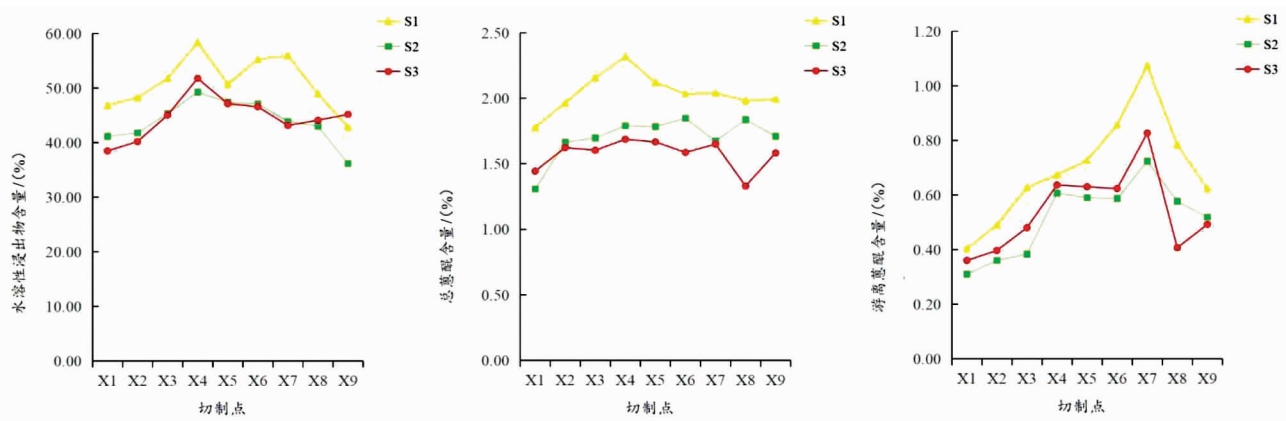


图 3　水溶性浸出物、总蒽醌及游离蒽醌平均值

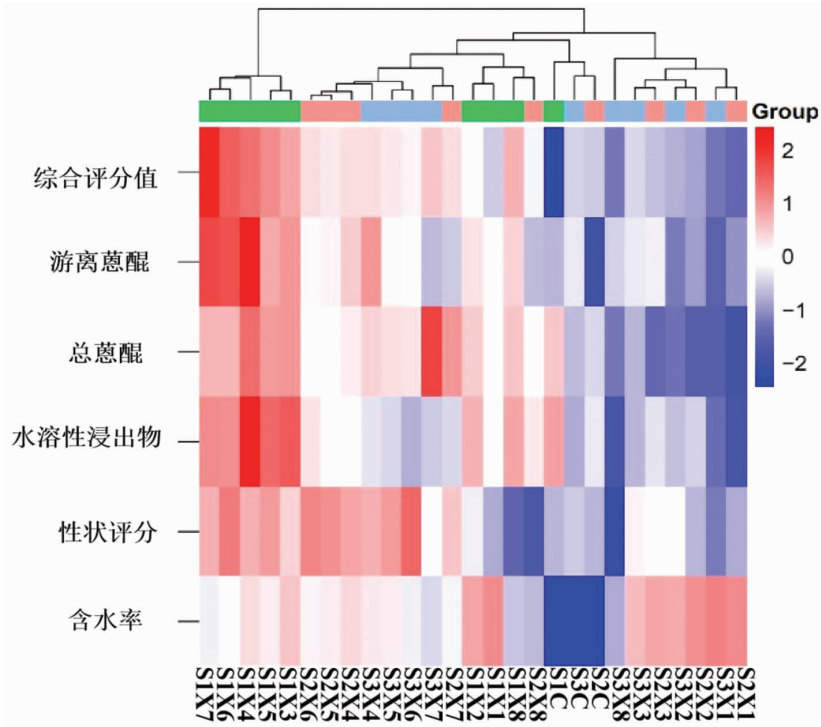


图 4　聚类分析热图

天南星化学成分及药理作用研究进展

（正文见 181 – 190 页）



图 1　天南星化学成分与药理活性