

天麻加工工艺优化

税红灵¹, 张其坤¹, 曾建威², 胡娟³, 唐晏³, 汪洋³, 邓济承^{1*}

(1. 乐山市农业科学研究院, 四川 乐山 614000; 2. 乐山市经济作物站, 四川 乐山 614000; 3. 犍为县农业农村局经济作物站, 四川 乐山 614000)

摘要: 目的 优化天麻加工工艺。方法 药材分别进行蒸锅蒸制、电锅煮制、高压蒸制。在单因素试验基础上, 以蒸制温度、蒸制时间、天麻等级为影响因素, 天麻素、对羟基苯甲醇含量为评价指标, 响应面法优化加工工艺。结果 最优条件为 110 °C 高压蒸制 20 min, 天麻素含量为 0.763%, 对羟基苯甲醇含量为 0.04%, 前者含量较传统加工方法提高 40%, 两者总含量超过 2025 年版《中国药典》规定 (0.25%) 的 2 倍。结论 高压蒸制天麻时能精准控制加工参数, 减少鲜药材与水接触, 在保持其良好外观的同时显著提升有效成分含量, 可为制定其产地初加工技术标准提供科学依据。同时, 建议二等、三等天麻 110 °C 高压蒸制 20 min, 一等天麻 120 °C 高压蒸制 20 min。

关键词: 天麻; 加工工艺; 天麻素; 对羟基苯甲醇; 响应面法

中图分类号: R283

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2026)02-0400-07

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2026.02.007

Optimization of processing technology for *Gastrodia elata*

SHUI Hong-ling¹, ZHANG Qi-kun¹, ZENG Jian-wei², HU Juan³, TANG Yan³, WANG Yang³, DENG Ji-cheng^{1*}

(1. Leshan Academy of Agricultural Sciences, Leshan 614000, China; 2. Leshan Municipal Economic Crop Station, Leshan 614000, China; 3. Economic Crop Station, Qianwei County Agriculture and Rural Affairs Bureau, Leshan 614000, China)

KEY WORDS: *Gastrodia elata* Bl.; processing technology; gastrodin; *p*-hydroxybenzyl alcohol; response surface method

天麻为兰科植物天麻 *Gastrodia elata* Bl. 的干燥根茎, 主产于云南、四川、贵州等地, 其性平, 味甘, 归肝经, 具有息风止痉、平抑肝阳、祛风通络功效, 临床上常用于治疗头痛眩晕、肢体麻木、癫痫惊厥等症^[1]。现代药理研究表明, 天麻主要活性成分包括天麻素、对羟基苯甲醇、天麻多糖、有机酸等, 其中天麻素是其核心物质基础, 具有显著的神经保护、抗炎、抗氧化、抗惊厥等作用^[2-5], 并且在抗抑郁、抗癫痫、改善认知功能障碍方面的作用也受到广泛关注^[6-9]。另外, 天麻药用价值与其活性成分含量密切相关, 而加工工艺作为中药材质量控制的关键环节, 会直接影响天麻素的保留与转化。

目前, 天麻加工工艺主要包括蒸制^[10]、煮制、硫熏^[11]、真空冷冻、微波干燥^[12]等, 但存在诸多不足, 如天麻素和对羟基苯甲醇含量较低、加工成本较高、二氧化硫残留风险较大等。课题组前期研究发现, 高压蒸制天麻可大幅度提高天麻素、对羟基苯甲醇含量, 但缺乏系统研究, 无法准确把握加工参数。因此, 本实验优化天麻加工工艺, 以期找到能显著提高该药材中天麻素、对羟基苯甲醇含量的方法, 为其规范化加工及质量控制提供科学依据。

1 材料

天麻素 (批号 PS012130)、对羟基苯甲醇 (批号 PS012049) 对照品, 均购自成都北东科学仪

收稿日期: 2025-11-06

基金项目: 四川省乐山市重点科技计划项目 (23NZD008); 2024 年农业创新产业集群提升项目 (2130199); 2025 年市级农业科研育种项目 (2025)

作者简介: 税红灵 (1997—), 女, 硕士, 农艺师, 从事中药材产品开发应用研究。E-mail: 15165060018@163.com

* 通信作者: 邓济承 (1987—), 男, 硕士, 高级农艺师, 从事道地中药材资源综合利用研究。E-mail: 357027556@qq.com

器有限公司。乌天麻采自乐山市金口河区森宝野生动植物开发有限公司，经乐山市农业科学研究院邓济承高级农艺师鉴定为正品，按照药材单个质量的横径、纵径、鲜重分为3个等级，一等 ≥ 120 g

(横径4.5~6 cm，纵径9.5~12.5 cm)，二等60~120 g (横径3.0~4.5 cm，纵径8.0~10.0 cm)，三等 ≤ 60 g (横径2.0~3.0 cm，纵径6.0~9.0 cm)，详见表1。

表1 天麻横径、纵径、鲜重

Tab. 1 Transverse diameters, longitudinal diameters and fresh weights for *G. elata*

加工工艺	序号	横径/cm			纵径/cm			鲜重/cm		
		一等	二等	三等	一等	二等	三等	一等	二等	三等
蒸锅蒸制 10 min	1	5.9	3.1	2.4	12.4	9.5	8.9	122.4	76.1	36.4
	2	5.1	3.2	2.5	10.2	9.6	9.2	181.1	67.0	38.4
	3	5.4	3.4	1.9	12.0	8.7	7.8	191.0	72.3	35.9
蒸锅蒸制 20 min	1	5.1	3.5	2.9	10.5	7.7	6.6	180.7	68.7	35.1
	2	5.0	3.5	3.0	9.3	8.4	7.6	153.5	65.0	32.4
	3	5.4	3.6	3.1	11.3	8.8	6.2	173.7	93.6	33.7
蒸锅蒸制 30 min	1	5.2	3.7	2.9	11.6	8.6	6.9	204.2	87.1	42.5
	2	5.1	3.6	1.8	11.7	8.1	7.4	181.0	89.7	22.9
	3	5.2	3.1	2.1	11.6	8.7	6.9	153.7	63.8	19.6
蒸锅蒸制 40 min	1	4.7	3.4	2.9	9.5	10.1	8.4	143.8	85.5	40.9
	2	5.0	3.6	2.1	11.7	8.9	6.5	171.7	77.9	25.8
	3	5.6	3.2	2.8	11.6	9.1	7.9	132.7	97.6	45.3
电锅煮制 10 min	1	4.9	4.0	2.9	9.7	9.6	7.6	167.5	99.7	36.1
	2	5.4	3.7	2.5	12.5	8.4	8.4	194.5	66.3	40.8
	3	5.3	4.1	2.3	10.2	8.2	7.7	161.0	58.7	39.2
电锅煮制 20 min	1	5.0	4.4	2.9	10.5	8.7	6.0	163.9	78.9	32.3
	2	5.5	3.5	2.8	12.0	9.2	8.1	194.3	74.2	41.0
	3	5.1	3.7	2.6	10.9	8.5	7.3	154.5	62.9	24.1
电锅煮制 30 min	1	4.8	4.5	2.9	11.2	8.9	7.3	149.8	88.3	40.3
	2	5.3	3.2	3.3	10.5	9.2	6.8	159.8	65.8	33.1
	3	5.9	3.7	2.2	10.7	8.3	6.5	191.7	66.2	19.4
电锅煮制 40 min	1	5.7	3.6	3.2	12.5	7.6	6.3	229.8	65.2	35.1
	2	5.2	3.6	2.2	11.1	9.4	8.5	180.0	87.2	31.7
	3	5.8	3.3	1.9	11.9	8.0	6.4	191.4	108.9	17.3
高压蒸制 100 ℃ 10 min	1	5.2	3.9	2.3	9.9	8.4	8.8	151.4	80.2	32.8
	2	4.8	3.3	2.8	8.7	9.9	7.7	159.1	85.6	45.6
	3	4.2	3.1	1.8	11.1	8.4	8.0	152.1	56.2	19.6
高压蒸制 100 ℃ 20 min	1	5.9	3.7	3.0	10.4	8.1	7.6	199.5	65.6	38.5
	2	4.7	3.5	2.7	11.1	9.1	5.9	153.8	65.2	25.5
	3	5.6	3.6	2.0	10.6	9.9	5.8	147.6	85.0	21.6
高压蒸制 100 ℃ 30 min	1	5.3	3.2	3.2	11.1	9.1	6.4	182.7	71.5	46.3
	2	5.4	3.4	2.4	9.3	8.8	7.6	154.7	117.6	26.9
	3	5.0	3.5	2.5	10.0	9.2	5.7	142.0	82.8	27.8
高压蒸制 110 ℃ 10 min	1	5.9	4.4	2.6	11.5	7.6	5.4	128.8	67.2	26.8
	2	5.1	3.7	3.1	11.6	10.1	6.2	177.9	84.8	37.2
	3	5.5	3.8	1.9	11.3	8.4	6.6	173.5	77.9	26.7
高压蒸制 110 ℃ 20 min	1	5.2	3.7	2.8	11.6	8.6	6.9	195.6	62.3	37.6
	2	5.4	3.3	2.5	11.2	9.2	6.7	195.4	68.2	32.4
	3	4.3	4.4	2.9	10.7	7.1	8.4	146.1	114.1	38.2
高压蒸制 110 ℃ 30 min	1	5.9	3.8	1.9	12.2	9.8	9.2	127.2	90.5	28.3
	2	5.8	3.7	2.6	11.7	8.8	6.9	173.7	66.8	29.1
	3	5.6	4.0	2.7	11.2	9.0	8.0	186.8	79.9	40.6
高压蒸制 120 ℃ 10 min	1	5.0	3.4	2.6	10.6	9.5	7.6	155.5	66.0	33.8
	2	4.7	3.6	2.9	9.6	9.0	7.2	145.6	78.6	31.3
	3	5.7	3.9	2.8	10.6	9.1	7.1	188.6	73.2	31.0
高压蒸制 120 ℃ 20 min	1	4.9	3.8	3.2	10.1	7.4	6.6	140.8	87.2	37.5
	2	5.2	3.6	3.4	11.2	8.3	6.4	153.8	71.1	31.9
	3	5.0	2.9	2.4	10.6	8.2	6.2	177.7	62.8	31.6
高压蒸制 120 ℃ 30 min	1	5.2	3.4	2.6	10.2	9.4	7.5	166.8	76.8	28.0
	2	6.5	3.7	2.3	12.1	6.9	7.6	192.6	105.5	23.9
	3	5.3	3.4	2.1	11.7	10.2	6.5	181.6	81.2	25.6
平均值	—	5.27	3.61	2.59	10.96	8.78	7.21	175.27	72.75	32.46

Agilent 1260 高效液相色谱仪、AR124CN 电子天平,均购自奥豪斯仪器(上海)有限公司;立式自动压力蒸汽灭菌锅,购自致微(厦门)仪器有限公司;超微粉碎机,购自上海净信实业发展有限公司;DHG-2050B 电热恒温鼓风干燥箱,购自郑州生元仪器有限公司;超声波清洗机,购自深圳市弘之宇科技有限公司;HH 数显恒温水浴锅,购自常州国宇仪器制造有限公司。

色谱纯甲醇、乙腈及分析纯磷酸,均购自成都市科隆化学品有限公司。

2 方法

2.1 单因素试验 药材用流水洗净后晾干表面水分,每个等级各选取3个,按照不同加工工艺设置17个处理组(表2),在60℃下烘干,粉碎,过4号筛。以天麻素、对羟基苯甲醇含量为指标,考察不同加工条件对两者的影响。

表2 天麻不同加工工艺

Tab. 2 Different processing technologies of *G. elata*

编号	方法	温度/℃	时间/min
T1	生样(不处理)	—	—
T2	电锅煮制	—	10
T3	电锅煮制	—	20
T4	电锅煮制	—	30
T5	电锅煮制	—	40
T6	蒸锅蒸制	—	10
T7	蒸锅蒸制	—	20
T8	蒸锅蒸制	—	30
T9	蒸锅蒸制	—	40
T10	高压蒸制	100	10
T11	高压蒸制	100	20
T12	高压蒸制	100	30
T13	高压蒸制	110	10
T14	高压蒸制	110	20
T15	高压蒸制	110	30
T16	高压蒸制	120	10
T17	高压蒸制	120	20
T18	高压蒸制	120	30

2.2 响应面法 在单因素试验基础上,选择蒸制温度(A)、蒸制时间(B)、天麻等级(C)作为影响因素,天麻素(Y_1)、对羟基苯甲醇(Y_2)含量作为评价指标,进行三因素三水平设计。

2.3 天麻素、对羟基苯甲醇含量测定 采用HPLC法。

2.3.1 对照品溶液制备 精密称取天麻素、对羟基苯甲醇对照品适量,加入乙腈-水(3:97)混合溶液,制成每1 mL分别含两者50、25 μg 的溶液,过滤,即得。

2.3.2 供试品溶液制备 精密称取药材过筛后粉末2 g,置于锥形瓶中,精密加入50 mL 50%乙醇,

称定质量,超声(功率120 W,频率40 kHz)处理30 min,放冷,50%乙醇补足减失的质量,过滤,精密量取10 mL滤液,浓缩至近干无醇味,加入乙腈-水(3:97)混合溶液溶解,转移至25 mL量瓶中,过滤,即得。

2.3.3 色谱条件 参照2020年版《中国药典》^[1],SVEA™ A585V3 C_{18} 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm),以十八烷基硅烷键和硅胶为填充剂;流动相乙腈-0.05%磷酸(3:97);体积流量0.8 mL/min;柱温30℃;检测波长220 nm;进样量5 μL 。

2.3.4 线性关系考察 按“2.3.1”项下方法分别制备6.25、12.5、25.0、50.0、100.0、200.0、400.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 天麻素对照品溶液,以及3.125、6.25、12.5、25.0、50.0、100.0、200.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 对羟基苯甲醇对照品溶液,在“2.3.3”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。

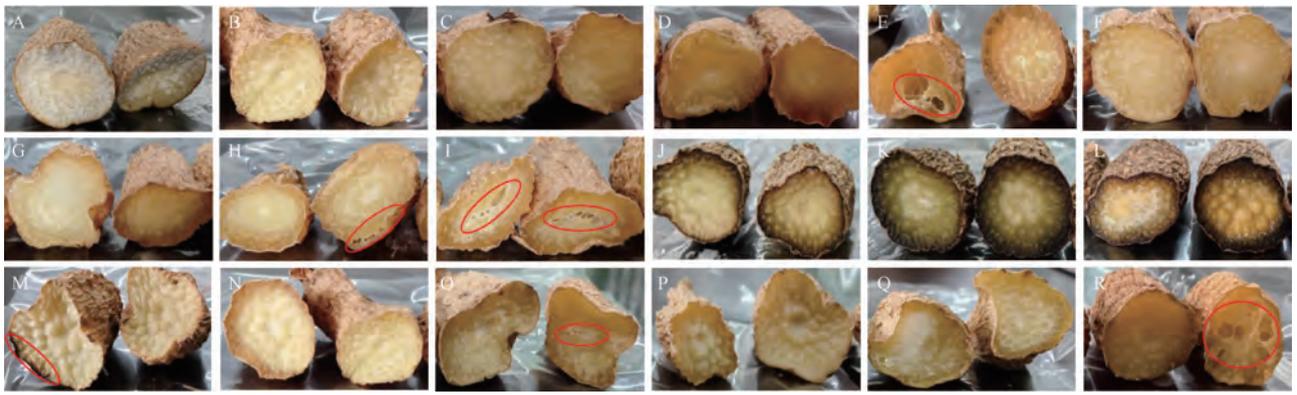
2.4 数据分析 采用SPSS 27.0、Design Expert 13.0、OriginPro 2024软件进行处理。

3 结果

3.1 线性关系考察 天麻素回归方程为 $Y = 774.74X + 1237.5 (R^2 = 0.9997)$,线性范围6.25~400.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$;对羟基苯甲醇回归方程为 $Y = 529.1X + 688.44 (R^2 = 0.9992)$,线性范围3.125~200.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

3.2 单因素试验

3.2.1 性状 2020年版《中国药典》一部规定,天麻干燥品中天麻素、对羟基苯甲醇总含量不得低于0.25%,但生品中较低,无法达到要求,由于该药材蒸制时强调“透心为度”(即蒸至无白心),故适宜的温度和时间可使对羟基苯甲醇大量转化,从而增加天麻素含量。另外,天麻作为块茎类中药材,肉质部分较厚,未蒸制透彻时干燥后外层发黑,天麻素含量较低,无法达到饮片标准;蒸制时间过长时内部水分大量转化为蒸汽,体积膨胀,细胞破裂,水分和可溶性物质(如多糖、苷类)大量流失,细胞网络塌陷,内部出现蜂窝状或条状空间,同时不断吸水膨胀糊化的淀粉颗粒,使药材内部结构松散,导致组织支撑力下降,加剧空洞形成,严重影响后续饮片加工。不同加工工艺下药材形态见图1,初步筛选出电锅煮制10、20、30 min,蒸锅蒸制10、20 min,高压蒸锅110℃蒸制20 min及120℃蒸制10、20 min进行后续考察。



注：A 为生天麻切面；B 为电锅煮制 10 min；C 为电锅煮制 20 min；D 为电锅煮制 30 min；E 为电锅煮制 40 min，出现明显空洞；F 为蒸锅蒸制 10 min；G 为蒸锅蒸制 20 min；H 为蒸锅蒸制 30 min，出现明显空洞；I 为蒸锅蒸制 40 min，出现明显空洞；J 为高压蒸锅 100 ℃ 蒸制 10 min，未蒸透；K 为高压蒸锅 100 ℃ 蒸制 20 min，未蒸透；L 为高压蒸锅 100 ℃ 蒸制 30 min，未蒸透；M 为高压蒸锅 110 ℃ 蒸制 10 min，部分未蒸透；N 为高压蒸锅 110 ℃ 蒸制 20 min；O 为高压蒸锅 110 ℃ 蒸制 30 min，出现明显空洞；P 为高压蒸锅 120 ℃ 蒸制 10 min；Q 为高压蒸锅 120 ℃ 蒸制 20 min；R 为高压蒸锅 120 ℃ 蒸制 30 min，出现明显空洞。

图 1 不同加工工艺下天麻横切面

Fig. 1 Cross-sections of *G. elata* under different processing technologies

3.2.2 天麻素、对羟基苯甲醇含量 药材加工后进行干燥、粉碎、过筛、提取，HPLC 法测定天麻素、对羟基苯甲醇含量，发现不同加工工艺、温度、时间对前者影响较大，对后者影响较小。由表 3 可知，T17 组天麻素含量最高，T14 组次之，T10 组最低；传统工艺组（电锅煮制、蒸锅蒸制）天麻素含量明显低于 T14、T17 组；在同一温度、压力下蒸制时间延长时天麻素含量反而降低，表明药材蒸制不宜过久。最终确定，最优加工工艺为高压蒸锅 110 ℃ 蒸制 20 min 及 120 ℃ 蒸制 20 min。

表 3 不同加工工艺对天麻素、对羟基苯甲醇含量的影响

Tab. 3 Effects of different processing technologies on gastrodin and *p*-hydroxybenzyl alcohol contents

编号	加工工艺	温度/℃	时间/min	天麻素含量/%	对羟基苯甲醇含量/%
T1	生样	—	—	0.045	0.617
T2	电锅煮制	—	10	0.254	0.229
T3	电锅煮制	—	20	0.296	0.128
T4	电锅煮制	—	30	0.385	0.121
T5	电锅煮制	—	40	0.354	0.096
T6	蒸锅蒸制	—	10	0.287	0.273
T7	蒸锅蒸制	—	20	0.319	0.112
T8	蒸锅蒸制	—	30	0.544	0.087
T9	蒸锅蒸制	—	40	0.369	0.124
T10	高压蒸制	100	10	0.075	0.269
T11	高压蒸制	100	20	0.326	0.156
T12	高压蒸制	100	30	0.314	0.147
T13	高压蒸制	110	10	0.274	0.135
T14	高压蒸制	110	20	0.784	0.109
T15	高压蒸制	110	30	0.398	0.121
T16	高压蒸制	120	10	0.308	0.106
T17	高压蒸制	120	20	0.796	0.081
T18	高压蒸制	120	30	0.449	0.109

3.2.3 天麻等级 由于天麻大小存在差异，故根据鲜重将其大致分为 3 个等级。其中，三等天麻在高压蒸锅 120 ℃ 蒸制 20 min 后出现较大空洞，见图 2A，天麻素含量较低，见图 3A；一等天麻在高压蒸锅 110 ℃ 蒸制 20 min 后中心出现白斑硬块，即未蒸透，见图 2B，天麻素含量也较低，见图 3B；二等天麻在上述 2 种加工工艺下外观较好，蒸透无白心，天麻素平均含量较高，见图 2C、

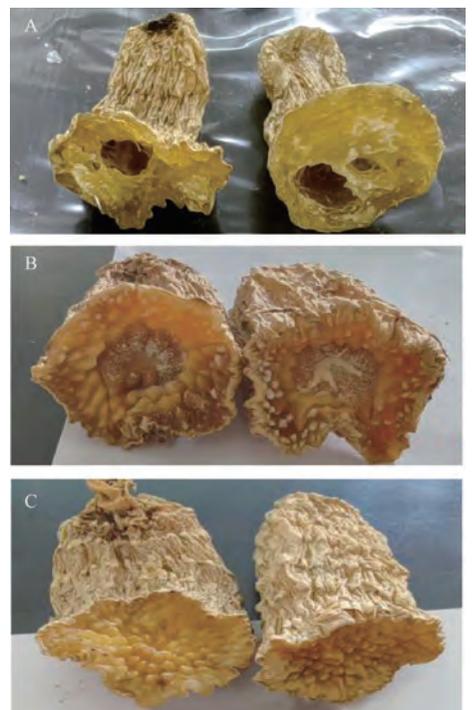
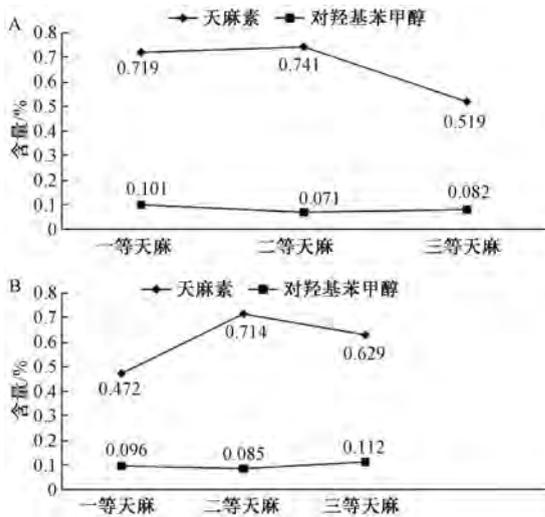


图 2 不同等级天麻外观

Fig. 2 Appearances of different grades of *G. elata*



注：A 为高压蒸锅 120℃ 蒸制 20 min，B 为高压蒸锅 110℃ 蒸制 20 min。

图 3 最优加工工艺下天麻素、对羟基苯甲醇含量

Fig. 3 Contents of gastrodin and *p*-hydroxybenzyl alcohol under optimal processing technology

3A~3B。最终确定，一等天麻最优加工工艺为高压蒸锅 120℃ 蒸制 20 min，三等天麻最优加工工艺为高压蒸锅 110℃ 蒸制 20 min，而二等天麻 2 种加工工艺均适用。

3.3 响应面法 因素水平见表 4，结果见表 5。

表 4 响应面法因素水平

Tab. 4 Factors and levels for response surface method

水平	因素		
	A 蒸制温度/℃	B 蒸制时间/min	C 天麻等级
-1	100	10	一等
0	110	20	二等
1	120	30	三等

通过 Design Expert 13.0 软件对表 5 数据进行二

表 6 方差分析结果

Tab. 6 Results for analysis of variance

来源	Y_1				Y_2				自由度
	离均差平方和	均方	F 值	P 值	离均差平方和	均方	F 值	P 值	
模型	0.666 7	0.074 1	148.84	<0.000 1	0.035 3	0.003 9	55.71	<0.000 1	9
A	0.232 6	0.232 6	467.29	<0.000 1	0.005 5	0.005 5	77.61	<0.000 1	1
B	0.024 0	0.024 0	48.18	0.000 2	0.000 6	0.000 6	8.71	0.021 4	1
C	0.018 2	0.018 2	36.65	0.000 5	0.000 2	0.000 2	2.43	0.162 8	1
AB	0.004 4	0.004 4	8.75	0.021 2	0.000 2	0.000 2	3.42	0.107 1	1
AC	0.002 8	0.002 8	5.64	0.049 2	0.001 2	0.001 2	16.43	0.004 8	1
BC	0.000 2	0.000 2	0.452 1	0.522 9	0.000 1	0.000 1	0.799 6	0.400 9	1
A^2	0.049 0	0.049 0	98.50	<0.000 1	0.012 4	0.012 4	176.47	<0.000 1	1
B^2	0.190 8	0.190 8	383.47	<0.000 1	0.012 8	0.012 8	181.38	<0.000 1	1
C^2	0.107 7	0.107 7	216.31	<0.000 1	0.000 4	0.000 4	5.18	0.057 0	1
残差	0.003 5	0.000 5	—	—	0.000 5	0.000 1	—	—	7
失拟检验	0.003 4	0.001 1	84.31	0.098 6	0.000 2	0.000 1	0.876 0	0.524 3	3
误差	0.000 2	0.000 1	—	—	0.000 3	0.000 1	—	—	4
总计	0.670 2	—	—	—	0.035 8	—	—	—	16

表 5 响应面法设计与结果

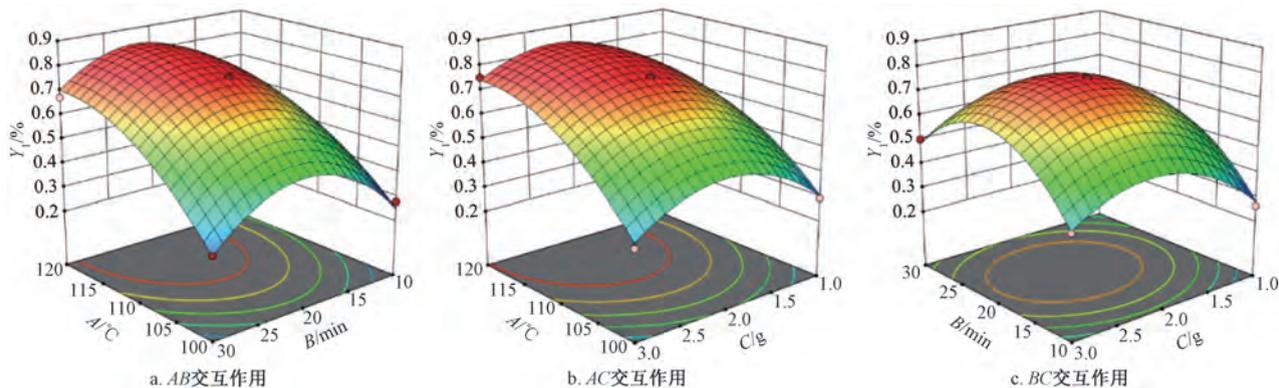
Tab. 5 Design and results for response surface method

试验号	A 蒸制温度/℃	B 蒸制时间/min	C 天麻等级	Y_1 天麻素含量/%	Y_2 对羟基苯甲醇含量/%
	1	110	10	三等	0.383
2	100	20	一等	0.292	0.121
3	110	20	二等	0.761	0.032
4	120	30	二等	0.672	0.119
5	110	20	二等	0.764	0.045
6	110	20	二等	0.768	0.041
7	110	30	一等	0.412	0.096
8	100	20	三等	0.325	0.138
9	100	30	二等	0.297	0.157
10	110	20	二等	0.763	0.052
11	100	10	二等	0.278	0.196
12	110	30	三等	0.502	0.102
13	120	10	二等	0.521	0.127
14	120	20	三等	0.751	0.053
15	110	10	一等	0.263	0.115
16	120	20	一等	0.612	0.104
17	110	20	二等	0.758	0.032

次多元回归，得方程分别为 $Y_1 = 0.762 8 + 0.170 5A + 0.054 8B + 0.047 8C + 0.033 0AB + 0.026 5AC - 0.007 5BC - 0.107 9A^2 - 0.212 9B^2 - 0.159 9C^2$ ($R^2 = 0.994 8$)、 $Y_2 = 0.040 4 - 0.026 2A - 0.008 8B - 0.004 6C + 0.007 7AB - 0.017 0AC + 0.003 7BC + 0.054 3A^2 + 0.055 0B^2 + 0.009 3C^2$ ($R^2 = 0.986 2$)，方差分析见表 6。由此可知，对于天麻素含量而言，因素 A、B、C、AB、AC、 A^2 、 B^2 、 C^2 有显著或极显著影响 ($P < 0.05$, $P < 0.01$)；对于对羟基苯甲醇含量而言，因素 A、B、AC、 A^2 、 B^2 有显著或极显著影响 ($P < 0.05$, $P < 0.01$)；各因素影响程度依次为 $A > B > C$ ；模型显著性高，拟合度理想，可较好地描述实验结果。

响应面分析见图4~5。由图4可知,随着蒸制温度升高、蒸制时间延长,天麻素含量呈非线性递增,表明AB、AC交互作用显著;在BC交互作用下响应面呈伞状结构,等高线呈完整椭圆状,表明

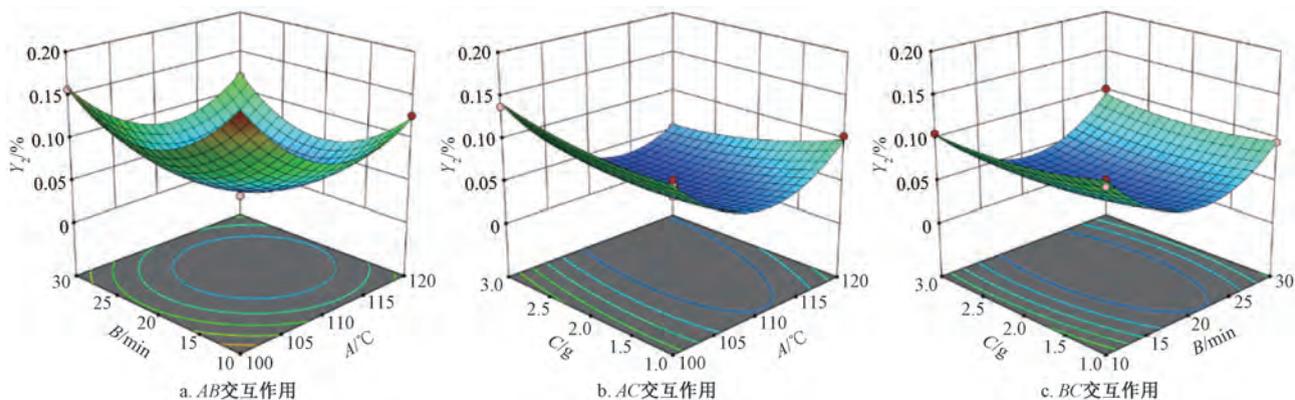
其贡献值较大。由图5可知,AB交互作用显著,即对对羟基苯甲醇含量影响较大;AC、BC交互曲面较平缓,表明其交互作用不显著,对对羟基苯甲醇含量影响较小。



注: A、B、C、Y₁ 分别为蒸制温度、蒸制时间、天麻等级、天麻素含量。

图4 各因素对天麻素含量的影响

Fig. 4 Effects of various factors on gastrodin content



注: A、B、C、Y₂ 分别为蒸制温度、蒸制时间、天麻等级、对羟基苯甲醇含量。

图5 各因素对对羟基苯甲醇含量的影响

Fig. 5 Effects of various factors on p-hydroxybenzyl alcohol content

根据响应面分析结果结合实际生产调研发现,二等天麻占比大于60%。最终确定,最优工艺为110℃高压蒸制20min,天麻素平均含量为0.763%,对羟基苯甲醇平均含量为0.04%。

4 讨论与结论

药材加工工艺是决定其品质优劣、形成特色药效的关键环节^[13-14],科学规范的操作对保障药材质量和安全具有决定性作用,可通过精准分离药用部位来提升其纯度、特殊处理来延长保存期限而便于其储运、促进有效成分转化来优化其药效、降低或消除其毒性成分、调控其性味归经等。另外,中药材趁鲜加工能有效阻断药材在自然干燥过程中活性成分的降解和流失,从而显著提高其质量的稳定性^[15-18]。

单因素试验显示,在传统加工工艺(T2~T9)

下天麻素含量为0.544%,但加工时间过长时天麻内部出现空洞,影响质量;在高压蒸锅100℃(T10~T12)下难以蒸透,故需延长蒸制时间;在高压蒸锅110、120℃(T15、T18)下蒸制时间过长时药材内部也出现空洞,故确定为高压蒸锅在110、120℃下蒸制20min。再对不同等级天麻加工工艺进行筛选,最终确定为一等天麻高压蒸锅120℃蒸制20min,蒸透无白心,天麻素、对羟基苯甲醇含量分别为0.719%、0.101%;三等天麻高压蒸锅110℃蒸制20min,蒸透无白心,2种成分含量分别为0.629%、0.112%;二等天麻在2种加工工艺下均蒸透无白心,2种成分含量分别为0.728%、0.078%。

为了明确蒸制温度、蒸制时间、天麻等级对天

麻素、对羟基苯甲醇含量的影响, 本实验进一步采用响应面法优化天麻加工工艺, 结果, 最优工艺为 110 °C 高压蒸制 20 min, 加工后天麻外观良好, 天麻素、对羟基苯甲醇平均含量分别为 0.763%、0.04%, 前者含量较传统加工方法提高 40%, 并且两者总含量超过 2025 年版《中国药典》规定 (0.25%) 的 2 倍, 表明该方法稳定可靠, 能有效提高药材中主要活性成分的含量。

综上所述, 二等天麻占比超过 60% 时, 其最优加工工艺为 110 °C 高压蒸制 20 min; 若按照分级进行加工, 则二等、三等药材高压蒸锅 110 °C 蒸制 20 min, 一等药材高压蒸锅 120 °C 蒸制 20 min, 并且鲜重大者可适当延长蒸制时间。上述优化工艺易于控制温度和时间, 适用于不同等级质量的天麻, 在保证药材品质的同时维持了较好的外观性状, 有助于推动其产地趁鲜切制加工向标准化、规范化发展, 并为其产业化提供技术支撑。

参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020 版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 59-60.

[2] Zhong Y F, Li J Q, Liu H G, *et al.* The traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Gastrodia elata* Blume: A comprehensive review[J]. *Arab J Chem*, 2025, 18(1): 106086.

[3] 邵千航, 苑玉和. 天麻联苜类化合物 20C 通过 MAPKs 和 TLR4/Akt/mTOR 通路调节自噬进而发挥抗炎作用[J]. *神经药理学报*, 2018, 8(6): 59-60.

[4] 石新卫, 王璐, 张胜, 等. 天麻的化学成分及其抗氧化和抑制 α -葡萄糖苷酶活性研究[J]. *中草药*, 2024, 55(19): 6474-6481.

[5] 黄颖, 唐靖雯, 田兴中, 等. 五种不同品系或产地天麻冻

干粉抗惊厥及神经保护作用研究[J]. *时珍国医国药*, 2021, 32(8): 1996-1999.

[6] 杨淑贤, 刘树森, 韩雯, 等. 基于网络药理学和体外实验探究天麻抗抑郁的作用机制[J]. *中中药学*, 2024, 22(3): 647-653.

[7] 陶成, 马腾, 陈玺, 等. 天麻素对癫痫的药理作用研究进展[J]. *中国药理学与毒理学杂志*, 2023, 37(7): 485.

[8] 陈婷婷, 苏杭, 杨红, 等. 天麻素抑制铁死亡改善血管性痴呆大鼠神经损伤及认知功能[J]. *贵州医科大学学报*, 2024, 49(7): 982-987; 1041.

[9] 黄先敏, 祁岑, 朱玉勇, 等. 鲜天麻及不同加工天麻中天麻苷元和天麻素含量的测定[J]. *昭通学院学报*, 2017, 39(5): 42-47.

[10] 杨成翠, 包刘媛, 李春燕, 等. 不同加工工艺对昭通天麻主要成分含量的影响[J]. *湖南农业科学*, 2023(12): 51-56.

[11] 康传志. 硫磺熏蒸对天麻和牛膝药材质量的影响[D]. 北京: 中国中医科学院, 2018.

[12] 魏漆, 汪海翔, 刘宏程, 等. 不同生长期云南乌天麻活性成分分析及其微波加工工艺优化[J]. *中成药*, 2024, 46(4): 1084-1088.

[13] 李震宇, 崔非凡, 秦雪梅. 中药材质量评价的挑战与代谢组学应用于中药材质量评价的研究进展[J]. *中草药*, 2018, 49(10): 2221-2229.

[14] 吴潍. 产地初加工方法对中药材质量的影响[J]. *中医药管理杂志*, 2020, 28(1): 90-94.

[15] Jiang J, Xiao S C, Yan S, *et al.* The effects of sulfur fumigation processing on *Panaxis Quinquefolii Radix* in chemical profile, immunoregulation and liver and kidney injury[J]. *J Ethnopharmacol*, 2020, 249: 112377.

[16] 孙皓迪, 康传志, 杨亚玲, 等. 不同产地加工方式对天麻质量的影响[J]. *云南农业大学学报 (自然科学)*, 2024, 39(6): 113-120.

[17] 陈春光, 米华玲. 天麻素生物合成途径相关基因的分析[J]. *植物生理学报*, 2021, 57(9): 1819-1828.

[18] 徐德宏, 崔培梧, 罗怀浩, 等. 天麻素生物合成的研究进展[J]. *中草药*, 2020, 51(22): 5877-5883.